

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»**

**ІНЖЕНЕРНО-ФІЗИЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ
КАФЕДРА ЛИВАРНОГО ВИРОБНИЦТВА ЧОРНИХ ТА
КОЛЬОРОВИХ МЕТАЛІВ**

До захисту допущено:
_____Ямшинський М. М.
«___»_____20__р.

**ДИПЛОМНИЙ ПРОЕКТ
на здобуття ступеня бакалавра
за освітньою програмою «Комп'ютеризовані процеси лиття»
спеціальності «136 – металургія»
на тему: «Розроблення технології виготовлення виливка "Маточина" і
проектування сумішоприготувального відділення чавуноливарного
цеху»**

Виконав:
студент IV курсу, групи ФЛ-61-1
Заярний Дмитро Валентинович

Керівник:
К.т.н. доцент
Лютий Ростислав Володимирович

Консультант з організаційної
частини
к. е. н. доц
Нараєвський С. В.

Консультант з охорони праці
к. т. н. доц.
Демчук Г. В.

Засвідчую, що у цьому дипломному
проекті немає запозичень з праць
інших авторів без відповідних
посилань.

Київ – 2020 року

ВІДОМІСТЬ ДИПЛОМНОГО ПРОЕКТУ

№ з/п	Формат	Позначення	Найменування	Кількість листів	Примітка
1	A4		Завдання на дипломний проєкт	2	
2	A4	ФЛ61.61401.1110.0000 ПЗ	Пояснювальна записка	87	
3	A1	ФЛ61.61401.1110.0001	Сумішоприготувальне відділення	1	
4	A1	ФЛ61.61401.1110.0002	Маточина	1	
5	A2	ФЛ61.61401.1110.0003	Модельна плита	1	
6	A2	ФЛ61.61401.1110.0004	Стрижневий ящик	1	
7	A1	ФЛ61.61401.1110.0005	Форма в зборі	1	
8	A1	ФЛ61.61401.1110.0006	Котковий змішувач	1	

					ФЛ61.61401.1110.0000 ПЗ						
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата							
Розроб.		Заярний Д. В.			ВІДОМІСТЬ ДИПЛОМНОГО ПРОЕКТУ			Літ.	Арк.	Акрушів	
Перевір.		Лютий Р. В.								2	87
Реценз.		П.І.Б.						КПІ ім. І. Сікорського ІФФ, ЛВЧКМ, ФЛ-61-1			
Н. Контр.		П.І.Б.									
Затверд.		П.І.Б.									

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»**

**ІНЖЕНЕРНО-ФІЗИЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ
КАФЕДРА ЛИВАРНОГО ВИРОБНИЦТВА ЧОРНИХ ТА
КОЛЬОРОВИХ МЕТАЛІВ**

Рівень вищої освіти – перший (бакалаврський)

Спеціальність – 136 – «металургія»

Освітньо-професійна програма «Комп'ютеризовані процеси лиття»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

_____ М. М. Ямшинський

«___» _____ 20__ р.

ЗАВДАННЯ

на дипломний проєкт студенту

Заярному Дмитро Валентиновичу

1. Тема проєкту «Розроблення технології виготовлення виливка "Маточина" і проектування сумішоприготувального відділення чавуноливарного цеху», керівник проєкту Ростислав Володимирович Лютий, кандидат технічних наук, доцент кафедри ЛВЧКМ, затверджені наказом по університету від «___» _____ 20__ р. № _____
2. Термін подання студентом проєкту: 10 червня 2020 року
3. Вихідні дані до проєкту: матеріали переддипломної практики, вихідні креслення деталі, методичні вказівки до виконання дипломного проєкту.
4. Зміст пояснювальної записки: вступ; аналіз виробничої програми; структура ливарного цеху; проектування сумішоприготувального відділення; технологія виготовлення виливка; проектування ливарного устаткування; організаційна частина; охорона праці; висновок; перелік посилань.
5. Перелік графічного матеріалу: план сумішоприготувального відділення (1 арк.); технологія виготовлення виливка «Маточина» (4 арк.); котковий змішувач (1 арк.).

6. Консультанти розділів проєкту*

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Організаційна частина	к. е. н. доц. Нараєвський С. В.		
Охорона праці	к. т. н. доц., Демчук Г. В.		
Консультант з нормоконтролю	к. т. н. доц., Федоров Г. Є.		
Рецензент	к. т. н. доц., Доній О. М.		

7. Дата видачі завдання _____

Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання дипломного проєкту	Термін виконання етапів проєкту	Примітка
1	Аналіз виробничої програми		
2	Структура ливарного цеху		
3	Режим роботи та фонди часу		
4	Проектування сумішоприготувального відділення		
5	Розроблення технології виготовлення виливка		
6	Проектування ливарного устаткування		
7	Розроблення організаційної частини проєкту		
8	Розроблення розділу охорони праці		
9	Оформлення звіту дипломного проєкту		

Студент

Дмитро Валентинович Заярний

Керівник

Ростислав Володимирович Лютий

**Пояснювальна записка
до дипломного проекту
на тему:
«Розроблення технології виготовлення виливка "Маточина" і
проектування сумішоприготувального відділення
чавуноливарного цеху»**

Київ – 2020 року

РЕФЕРАТ

Дипломний проект: 87 стор., 38 табл., 12 рис, 5 додатків.

Об'єкт проектування – Технологічний процес виготовлення виливка з чавуну марки СЧ 20 "Маточина" та організація роботи сумішоприготувального відділення.

Предмет проектування – технологія ливарної форми та організація роботи сумішоприготувального відділення.

Результати проектування – розроблено технологію ливарної форми, виконано технічне планування сумішоприготувального відділення та розрахунок ливарного устаткування.

Результати проектування можуть бути рекомендовані: для впровадження при виробництві виливка масою до 700 кг, середньої складності в умовах серійного виробництва.

Галузь використання – машинобудування, приладобудування, військово-промисловий комплекс тощо.

МАТОЧИНА, ЗМІШУВАЧ КОТКОВИЙ, ФОРМА ЛИВАРНА, МОДЕЛЬНА ПЛИТА ВЕРХА, СТРИЖНЕВИЙ ЯЩИК, ВІДДІЛЕННЯ СУМІШОПРИГОТУВАЛЬНЕ

.

					ФЛ61.61401.1110.0000 ПЗ						
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата							
Розроб.		Заярний Д. В.			РЕФЕРАТ			Літ.	Арк.	Акрушів	
Перевір.		Лютий Р. В.								6	87
Реценз.		П.І.Б.						КПІ ім. І. Сікорського ІФФ, ЛВЧКМ, ФЛ-61-1			
Н. Контр.		П.І.Б.									
Затверд.		П.І.Б.									

ABSTRACT

Diploma project: 87 pages, 38 tables, 12 figures, 5 annexes.

Object of design - Technological process of making cast iron castings of Gray cast iron 20 brand "Hub" and organization of work of mixture preparation department.

The subject of design - the technology of the mold and the organization of the mixture preparation department.

Design results - the technology of the foundry mold is developed, the technical planning of the mixture preparation department and the calculation of the foundry equipment are performed.

The design results can be recommended: for implementation in the production of castings weighing up to 700 kg, medium complexity in terms of mass production.

Field of use - mechanical engineering, instrument making, military-industrial complex, etc.

HUB, ROLLER MIXER, FOUNDRY FORM, MODEL TOP PLATE, CORE BOX, MIXING PREPARATION DEPARTMENT

					ФЛ61.61401.1110.0000 ПЗ		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ABSTRACT		
Розроб.	Заярний Д. В.						
Перевір.	Лютій Р. В.						
Реценз.	П.І.Б.						
Н. Контр.	П.І.Б.						
Затверд.	П.І.Б.						
					Літ.	Арк.	Акрушів
						7	87
					КПІ ім. І. Сікорського ІФФ, ЛВЧКМ, ФЛ-61-1		

ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ

У всі часи індустріального віку ливарне виробництво було головною заготівельною базою всієї машинобудівної промисловості, що потребує постійного розвитку та зростання. Тому завданням для дипломного проекту стала організація роботи та проектування сумішоприготувального відділення та розроблення технологічного процесу виготовлення деталі «маточина» масою 473 кг зі сплаву марки СЧ20 ГОСТ 1412-85, розроблення розділів пов'язаних з організаційною частиною та охороною праці у відділенні, шляхом виконання наступних вимог:

- для проектування сумішоприготувального відділення використовувати номенклатуру виливків, яка наведена в табл.1.1;
- потужність відділення що проектується складає 10 000 т придатних виливків на рік;
- технологічні процеси мають бути максимально автоматизовані та механізовані;

Основні джерела забезпечення роботи ливарного цеху:

- металеві матеріали – металобазис;
- вода – замкнена система водопостачання і водовідведення;
- електроенергія – ТЕС;
- тепло і газ;

					ФЛ61.61401.1110.0000 ПЗ		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ		
Розроб.		Заярний Д. В.					
Перевір.		Лютин Р. В.					
Реценз.		П.І.Б.					
Н. Контр.		П.І.Б.					
Затверд.		П.І.Б.			КПІ ім. І. Сікорського ІФФ, ЛВЧКМ, ФЛ-61-1		
					Літ.	Арк.	Акрушів
						8	87

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, ОДИНИЦЬ ТА СКОРОЧЕНЬ

ПГС – піщано-глиняста суміш;

ІТПЕ – індукційна тигельна плавильна електрична;

мм – міліметри;

см – сантиметри;

град – градуси;

кг – кілограми;

с – секунди;

хв – хвилини;

ТЕП - техніко-економічні показники,

					ФЛ61.61401.1110.0000 ПЗ		
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>	<div>ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, ОДИНИЦЬ ТА СКОРОЧЕНЬ</div>		
<i>Розроб.</i>		<i>Заярний Д. В.</i>					
<i>Перевір.</i>		<i>Лютій Р. В.</i>					
<i>Реценз.</i>		<i>П.І.Б.</i>					
<i>Н. Контр.</i>		<i>П.І.Б.</i>					
<i>Затверд.</i>		<i>П.І.Б.</i>			<div>КПІ ім. І. Сікорського ІФФ, ЛВЧКМ, ФЛ-61-1</div>		
					<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Акрушів</i>
						9	87

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, ОДИНИЦЬ ТА СКОРОЧЕНЬ	9
ВСТУП.....	12
1 АНАЛІЗ ВИРОБНИЧОЇ ПРОГРАМИ	13
1.1 Виробнича програма	13
2 СТРУКТУРА ЛИВАРНОГО ЦЕХУ	17
3 РЕЖИМ РОБОТИ ТА ФОНДИ ЧАСУ	18
4 ПРОЕКТУВАННЯ СУМІШОПРИГОТУВАЛЬНОГО ВІДДІЛЕННЯ	21
5 ТЕХНОЛОГІЯ ВИГОТОВЛЕННЯ ВИЛИВКА	25
5.1 Загальна характеристика литої деталі	25
5.2 Технологія виготовлення деталі	26
5.3 Положення вилівка у формі.....	26
5.4 Усадка металу.....	28
5.5 Припуски на механічне оброблення, клас розмірної точності, шорсткості поверхонь	29
5.6 Розрахунок розмірів та вибір опок, кількість виливків у формі.....	29
5.7 Розрахунок ливникової системи.....	31
5.8 Характеристика модельного комплекту	35
5.9 Формувальні та стрижневі суміші.....	37
5.10 Технологія виготовлення стрижнів	39
5.11 Методи попередження пригару	40
5.12 Технологічний процес виплавлення металу	41
5.13 Фінішні операції	49
5.14 Розрахунок піднімальної сили	51

					ФЛ61.61401.1110.0000 ПЗ		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ЗМІСТ		
Розроб.		Заярний Д. В.					
Перевір.		Лютій Р. В.					
Реценз.		П.І.Б.					
Н. Контр.		П.І.Б.					
Затверд.		П.І.Б.			Літ. Арк. Акрушів		
					<div></div> <div>10</div> <div>87</div>		
						КПІ ім. І. Сікорського ІФФ, ЛВЧКМ, ФЛ-61-1	

6 ПРОЕКТУВАННЯ ЛИВАРНОГО УСТАТКУВАННЯ	53
6.1 Загальний опис коткового змішувача	53
6.2 Визначення діаметру чаші змішувача	54
6.3. Визначення розмірів котків змішувача	54
6.4. Визначення числа обертів котка.....	56
6.5. Визначення числа обертів вертикального валу	56
6.6. Розрахунок потужності електродвигуна змішувача.....	58
7 ОРГАНІЗАЦІЙНА ЧАСТИНА	62
7.1 Визначення капітальних вкладень в проект сумішоприготувального відділення цеху.....	62
7.2 Визначення чисельності робітників та витрат на заробітну плату.....	64
7.3 Визначення сукупних витрат сумішоприготувального відділення.	66
7.4 Розрахунок продуктивності праці на дільниці	68
8 ОХОРОНА ПРАЦІ	69
8.1 Загальна характеристика умов праці у сумішоприготувальному відділенні.	69
Прожектор промисловий світлодіодний СДО 04-200 (SMD IP65 ІЕК)	69
8.2 Оцінка потенційних небезпек і шкідливих виробничих факторів	71
8.3 Шкідливі речовини.....	72
8.4 Шум.....	73
8.5 Механізми і вироби, що рухаються.....	74
8.6 Висновок до розділу.....	76
ВИСНОВОК	77
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ	78

ВСТУП

Ливарне виробництво – це галузь металургії, що займається виготовленням фасонних деталей і заготовок шляхом заливання розплавлених металів, їхніх сплавів чи інших матеріалів у форму, порожнина якої має конфігурацію потрібного литого виробу.

З кожним роком попит на продукцію, що виготовляється за допомогою ливарного виробництва не зменшується, а тільки зростає. Тому збільшується і необхідність максимально модернізувати ливарні цехи у сторону автоматизації та механізації усіх процесів.

Найбільш простим та легким способом виготовлення виливів, з боку кількості та складності операцій при виготовленні – є лиття в піщано-глинясті форми, оскільки воно має ряд переваг перед іншими: полегшує навчання працівників на виробництві, невеликі витрати і собівартість продукції, можливість перероблення відходів виробництва (перероблення відпрацьованої суміші та браку виливків, тощо), що і утримує даний вид лиття на плаву та з кожним роком додає науковцям, у даній сфері, натхнення для модернізації та удосконалення цих процесів.

					ФЛ61.61401.1110.0000 ПЗ		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ВСТУП		
Розроб.		Заярний Д. В.					
Перевір.		Лютій Р. В.					
Реценз.		П.І.Б.					
Н. Контр.		П.І.Б.					
Затверд.		П.І.Б.			Літ. Арк. Акрушів		
					12 87		
					КПІ ім. І. Сікорського ІФФ, ЛВЧКМ, ФЛ-61-1		

1 АНАЛІЗ ВИРОБНИЧОЇ ПРОГРАМИ

1.1 Виробнича програма

Виробнича програма є базовим документом для розроблення та проектування будь-якого з технологічних відділень ливарного цеху [1].

Виробнича програма містить завдання на робочих рік для заданого цеху, За робочий рік даний цех має випускати задану кількість придатного литва. Річна кількість виливків розраховується з урахуванням річної програми. Даний цех великого чавунного литва верстатобудівного заводу з потужністю у 10 000 тонн придатного литва на рік.

Цех, де знаходиться задана для розрахунку дільниця, можна віднести до цехів серійного виробництва, для яких номенклатура виливків складає не більше 200 найменувань і серійність складає не менше 1000 шт. на рік [1]. Номенклатура представлена у таблиці 1.1

					ФЛ61.61401.1110.0000 ПЗ						
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата							
Розроб.		Заярний Д. В.			АНАЛІЗ ВИРОБНИЧОЇ ПРОГРАМИ			Літ.	Арк.	Акрушів	
Перевір.		Лютий Р. В.								13	87
Реценз.		П.І.Б.						КПІ ім. І. Сікорського ІФФ, ЛВЧКМ, ФЛ-61-1			
Н. Контр.		П.І.Б.									
Затверд.		П.І.Б.									

Таблиця 1.1 – Номенклатура виливків ливарного цеху

Інд. Позиція	Код деталі	Найменування виробів і виливків	Марка сплаву	Маса виливка, кг	Кількість виливків на 1 виріб	Маса виливків на 1 виріб, кг
1	ФЛ6101	Траверса 1	СЧ-20	59,3	2	118,6
2	ФЛ6102	Траверса 2	СЧ-25	68,2	2	136,4
3	ФЛ6103	Кривошип	СЧ-25	161	1	161
4	ФЛ6104	Плита фундаментна	СЧ-30	158	4	632
5	ФЛ6105	Станина 1	СЧ-30	234	1	234
6	ФЛ6106	Станина 2	СЧ-30	207,4	1	207,4
7	ФЛ6107	Станина 3	СЧ-30	292	1	292
8	ФЛ6108	Станина 4	СЧ-30	170,6	1	170,6
9	ФЛ6109	Станина 5	СЧ-30	350,3	1	350,3
10	ФЛ6110	Маточина	СЧ-20	473	1	473
11	ФЛ6111	Станина 6	СЧ-25	237	1	237
12	ФЛ6112	Противага	СЧ-20	108	1	108
13	ФЛ6113	Колона	СЧ-20	93	4	372
14	ФЛ6114	Рукав	СЧ-20	112	2	224
15	ФЛ6115	Упор задній	СЧ-20	98	1	98
16	ФЛ6116	Корпус візка	СЧ-30	186	1	186
17	ФЛ6117	Стояк правий	СЧ-30	237	1	237
18	ФЛ6118	Стояк лівий	СЧ-30	339	1	339
19	ФЛ6119	Станиця 7	СЧ-30	452	1	452
20	ФЛ6120	Станиця 8	СЧ-30	582	1	582
21	ФЛ6121	Станиця 9	СЧ-30	625	1	625
22	ФЛ6122	Плита фундаментна	СЧ-30	334	1	334
23	ФЛ6123	Корпус редуктора №1	СЧ-30	26,4	1	26,4
24	ФЛ6124	Корпус редуктора №2	СЧ-30	28,9	1	28,9
25	ФЛ6125	Корпус редуктора №3	СЧ-30	34,8	1	34,8
26	ФЛ6126	Корпус редуктора №4	СЧ-30	38,8	1	38,8
27	ФЛ6127	Корпус редуктора №5	СЧ-30	44,3	1	44,3
28	ФЛ6128	Корпус редуктора №1	СЧ-30	46,5	1	46,5
						m = 6789

					ФЛ61.61401.1110.0000 ПЗ	Арк.
						14
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1.2 Аналіз виробничої програми

Дані з таблиці 1.1 використовуємо для розрахунку річної кількості виливків кожного найменування. Згідно з розрахунками складаємо точну виробничу програму ливарного цеху (табл. 1.2).

Кількість виробів, що має виготовляти цех згідно до річної програми[2]:

$$K = \frac{\sum N}{m}, \quad (1.1)$$

де K – кількість виробів на рік, шт;

$\sum N$ – потужність ливарного цеху, $\sum N = 10\,000$ т/рік;

m – маса виливків на один виріб, $m = 6,789$ т;

Підставивши дані у формулу 1.2 матимемо:

$$K = \frac{10\,000}{6,789} = 1473 \text{ од.}$$

Тобто, якщо цех буде виготовляти 1473 одиниці продукції за рік, це буде відповідати та задовольняти програмі у 10 000 т придатного литва за рік.

10% від маси виробничої програми приймаємо за власні потреби цеху, а саме 1000 т. [2]

Також враховуючи подальшу технологію виробництва ділимо всі деталі на дві масові групи. Перша масова група до 180 кг, друга масова група до 700 кг.

					ФЛ61.61401.1110.0000 ПЗ	Арк.
						15
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

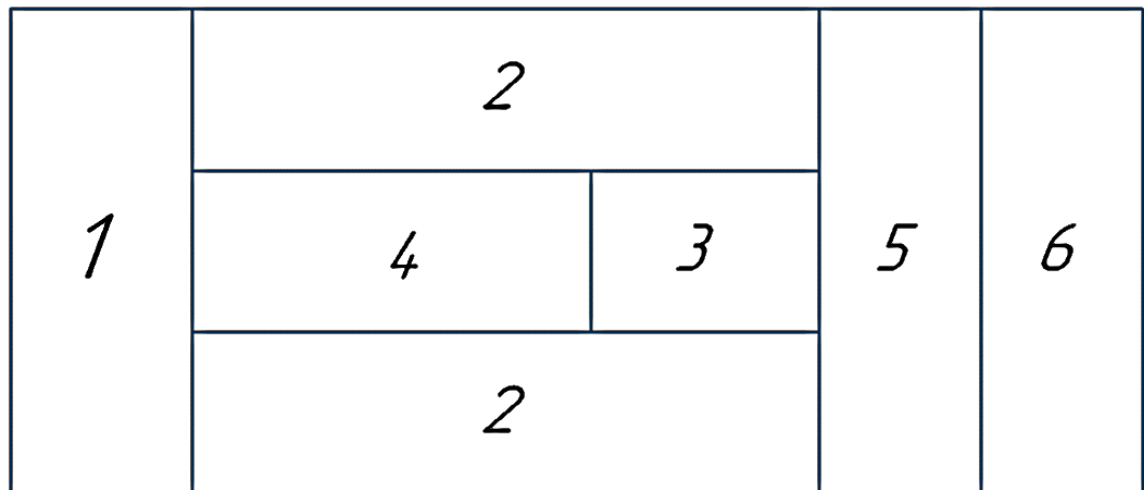
Таблиця 1.2 – Точна виробнича програма ливарного цеху

Інд. Поз.	Група	Найменування виробів і виливків	Марка сплаву	Маса, кг		Кількість на виріб		Річна програма випуску виливків						
								на основні вироби		на запасні частини			всього	
				деталі	вил.	шт	кг	шт.	т	%	шт.	т	шт.	т
21	2	Станина 9	СЧ-30	531,3	625	1	625	1326	828,6	10	147	92	1473	921
20	2	Станина 8	СЧ-30	494,7	582	1	582	1326	771,6	10	147	86	1473	857
11	2	Маточина	СЧ-20	402,1	473	1	473	1326	627,1	10	147	70	1473	697
19	2	Станина 7	СЧ-30	384,2	452	1	452	1326	599,2	10	147	67	1473	666
9	2	Станина 5	СЧ-30	297,8	350,3	1	350,3	1326	464,4	10	147	52	1473	516
18	2	Стояк лівий	СЧ-30	288,2	339	1	339	1326	449,4	10	147	50	1473	499
22	2	Плита фундаментна	СЧ-30	283,9	334	1	334	1326	442,8	10	147	49	1473	492
7	2	Станина 3	СЧ-30	248,2	292	1	292	1326	387,1	10	147	43	1473	430
10	2	Станина 6	СЧ-30	201,5	237	1	237	1326	314,2	10	147	35	1473	349
17	2	Стояк правий	СЧ-30	201,5	237	1	237	1326	314,2	10	147	35	1473	349
5	2	Станина 1	СЧ-30	198,9	234	1	234	1326	310,2	10	147	34	1473	345
6	2	Станина 2	СЧ-30	176,3	207,4	1	207,4	1326	275,0	10	147	31	1473	306
16	2	Корпус візка	СЧ-30	158,1	186	1	186	1326	246,6	10	147	27	1473	274
8	1	Станина 4	СЧ-30	145,0	170,6	1	170,6	1326	226,2	10	147	25	1473	251
3	1	Кривошип	СЧ-25	136,9	161	1	161	1326	213,4	10	147	24	1473	237
4	1	Плита фундаментна	СЧ-30	134,3	158	4	632	5303	3351,4	10	589	372	5892	3724
14	1	Рукав	СЧ-20	95,2	112	2	224	2651	593,9	10	295	66	2946	660
12	1	Противага	СЧ-20	91,8	108	1	108	1326	143,2	10	147	16	1473	159
15	1	Упор задній	СЧ-20	83,3	98	1	98	1326	129,9	10	147	14	1473	144
13	1	Колона	СЧ-20	79,1	93	4	372	5303	1972,6	10	589	219	5892	2192
2	1	Траверса 2	СЧ-25	58,0	68,2	2	136,4	2651	361,7	10	295	40	2946	402
1	1	Траверса 1	СЧ-20	50,4	59,3	2	118,6	2651	314,5	10	295	35	2946	349
28	1	Копус редуктора №1	СЧ-30	39,5	46,5	1	46,5	1326	61,6	10	147	7	1473	68
27	1	Копус редуктора №5	СЧ-30	37,7	44,3	1	44,3	1326	58,7	10	147	7	1473	65
26	1	Копус редуктора №4	СЧ-30	33,0	38,8	1	38,8	1326	51,4	10	147	6	1473	57
25	1	Копус редуктора №3	СЧ-30	29,6	34,8	1	34,8	1326	46,1	10	147	5	1473	51
24	1	Копус редуктора №2	СЧ-30	24,6	28,9	1	28,9	1326	38,3	10	147	4	1473	43
23	1	Копус редуктора №1	СЧ-30	22,4	26,4	1	26,4	1326	35,0	10	147	4	1473	39
Всього							6789							15142,4

					ФЛ61.61401.1110.0000 ПЗ	Арк.
						16
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2 СТРУКТУРА ЛИВАРНОГО ЦЕХУ

Цехи великосерійного та масового виробництв середній та крупних виливків мають структуру, яка вказана на рисунку 2.1 [2]. Така схема має зручне розташування стрижневого відділення. Саме така компоновка є найкращою для сучасного ливарного цеху з оптимальними транспортними засобами.



1 – плавильне відділення та склад шихтових та формувальних матеріалів;
 2 – формувально-складально-заливально-вибивальне відділення; 3 – сумішоприготувальне відділення; 4 – стрижневе відділення; 5 – відділення фінішних операцій; 6 – склад готової продукції

Рисунок 2.1. Схема компонування ливарного цеху

Даний ливарний цех призначений для чавуноливарного виробництва деталей верстатобудівного заводу.

					ФЛ61.61401.1110.0000 ПЗ		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	СТРУКТУРА ЛИВАРНОГО ЦЕХУ		
Розроб.		Заярний Д. В.					
Перевір.		Лютин Р. В.					
Реценз.		П.І.Б.					
Н. Контр.		П.І.Б.					
Затверд.		П.І.Б.					
					Літ.	Арк.	Акрушів
						17	87
					КПІ ім. І. Сікорського ІФФ, ЛВЧКМ, ФЛ-61-1		

З РЕЖИМ РОБОТИ ТА ФОНДИ ЧАСУ

Режим роботи ливарного цеху потужністю 10 000 тонн придатного литва на рік залежить від режиму виконання операцій процесів визначених технологією, а також організації виробничого процесу.

Найбільшого поширення набув двозмінний паралельний режим, при якому третя зміна відводиться для профілактики і ремонту устаткування.

Фактори які обумовлюють вибір режиму роботи [2]:

- маса виливка;
- потужність цеху;
- кількість працівників;
- серійності виробництва;
- технологічної складності лиття;
- роду металу;
- типу плавильних агрегатів;

Приймаємо двозмінний паралельний режим роботи, що дозволить раціонально використовувати площі цеху та відповідне обладнання.

Встановлюємо фонди часу роботи устаткування та робітників згідно формулі[1]:

$$\Phi_k = P \cdot D, \quad (3.1)$$

де Φ_k – календарний фонд часу, год;

P – кількість днів у році, днів;

D – кількість годин у добі, год;

Підставивши дані у формулу матимемо:

$$\Phi_k = 365 \cdot 24 = 8760 \text{ год}$$

					ФЛ61.61401.1110.0000 ПЗ		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	РЕЖИМ РОБОТИ ТА ФОНДИ ЧАСУ		
Розроб.		Заярний Д. В.					
Перевір.		Лютій Р. В.					
Реценз.		П.І.Б.					
Н. Контр.		П.І.Б.					
Затверд.		П.І.Б.					
					Літ.	Арк.	Акрушів
						18	87
					КПІ ім. І. Сікорського ІФФ, ЛВЧКМ, ФЛ-61-1		

Номінальний фонд часу – це час, протягом якого виконується робота за прийнятим режимом, але без урахування планових та непередбачуваних втрат часу. Номінальний фонд часу розраховується за формулою[1]:

$$\Phi_{\text{н}} = C \cdot \Gamma, \quad (3.2)$$

де $\Phi_{\text{н}}$ – номінальний фонд часу, год;

C – кількість днів у році, з урахуванням святкових та вихідних днів;

Γ – кількість годин в залежності від кількості змін роботи, 1 зміна – 8 годин;

З урахуваннями святкових та вихідний днів рік має 250 робочих днів.

При однозмінному (8ми годинному) режимі роботи номінальний фонд часу розраховуємо за формулою 3.2.:

$$\Phi_{\text{н}} = 250 \cdot 8 = 2000 \text{ год.}$$

При двозмінному режимі роботи за формулою 3.2 матимемо:

$$\Phi_{\text{н}} = 250 \cdot 16 = 4000 \text{ год.}$$

Дійсний фонд визначаємо за формулою 3.3[1]:

$$\Phi_{\text{д}} = \Phi_{\text{н}} - B, \quad (3.3)$$

де $\Phi_{\text{н}}$ – номінальний фонд часу, год;

B – витрати часу на освоєння виробництва та непередбачені витрати;

За умови сорока годинного робочого тижня і 28-денній відпустці дійсний фонд часу для робочих становить:

$$\Phi_{\text{д}} = 2000 - (4 \cdot 40) = 1840 \text{ год.}$$

Дані щодо режиму роботи цеху та фондів часу наведено у таблиці 2.1.

					ФЛ61.61401.1110.0000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		19

Таблиця 2.1 – Режим роботи та фонди часу

Інд. Поз.	Найменування ділянки, відділення; тип установки	Кількість робочих змін за добу	Дійсний фонд часу роботи, год	
			Устаткування	Робітника
1	Формувально- складально-заливально- вибивальне відділення та відділення механічної обробки	2	3600	1840
2	Плавильне відділення	2	3720	1840
3	Відділення підготовки форм та сумішей	2	3640	1840
4	Відділення фінішних операцій	2	3800	1840
5	Відділення термічної обробки	3	5520	1840

4 ПРОЕКТУВАННЯ СУМІШОПРИГОТУВАЛЬНОГО ВІДДІЛЕННЯ

Відділення складається з двох ділянок. Ділянка №1 для виробництва виливків до 180 кілограм, та ділянка №2 для виробництва виливків понад 180 кілограм. Формування виконується на автоматичній формувальній лінії моделі SUZHU – MGM – SM для ділянки №1, та для ділянки №2 на автоматичній формувальній лінії моделі Guangdong FUWA Engineering Machinery Co., Ltd.

Визначення річної кількості форм заведено до таблиці 4.1. Зведена відомість кількості форм та кількість формувальних ліній приведено у таблиці 4.2.

Кількість стрижневої суміші не враховується оскільки стрижнева суміш готується в стрижневому відділенні.

Загальні витрати суміші для сумішоприготувального відділення занесено до таблиці 4.3.

					ФЛ61.61401.1110.0000 ПЗ		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ПРОЕКТУВАННЯ СУМІШОПРИГО- ТУВАЛЬНОГО ВІДДІЛЕННЯ		
Розроб.		Заярний Д. В.					
Перевір.		Лютин Р. В.					
Реценз.		П.І.Б.					
Н. Контр.		П.І.Б.					
Затверд.		П.І.Б.					
					Літ.	Арк.	Акрушів
						21	87
					КПІ ім. І. Сікорського ІФФ, ЛВЧКМ, ФЛ-61-1		

Таблиця 4.1 – Зведена річна кількість форм

Код деталі	Найменування	Сплав	К-сть виливків за рік, шт	Маса виливків, кг		Робочі розміри опок (LxBxH)	К-сть виливків у формі, шт	Маса виливків у формі, шт	Кількість форм на рік, шт	Об'єм форми, м3	
				одного	на річну програму					однієї	на річну програму
Перша масова група											
ФЛ611-3	Копус редуктора №1	СЧ-30	1473	26,4	38887	940 x 660 x 280/280	4	105,6	368	0,347	127,9
ФЛ611-8	Копус редуктора №2	СЧ-30	1473	28,9	42570	940 x 660 x 280/280	4	115,6	368	0,347	127,9
ФЛ611-16	Копус редуктора №3	СЧ-30	1473	34,8	51260	940 x 660 x 280/280	4	139,2	368	0,347	127,9
ФЛ611-16	Копус редуктора №4	СЧ-30	1473	38,8	57152	940 x 660 x 280/280	4	155,2	368	0,347	127,9
ФЛ611-15	Копус редуктора №5	СЧ-30	1473	44,3	65254	940 x 660 x 280/280	4	177,2	368	0,347	127,9
ФЛ611-17	Копус редуктора №1	СЧ-30	1473	46,5	68495	940 x 660 x 280/280	4	186	368	0,347	127,9
ФЛ611-10	Траверса 1	СЧ-20	2946	59,3	174698	940 x 660 x 280/280	2	118,6	1473	0,347	511,8
ФЛ611-7	Траверса 2	СЧ-25	2946	68,2	200917	940 x 660 x 280/280	2	136,4	1473	0,347	511,8
ФЛ611-22	Колона	СЧ-20	5892	93	547956	940 x 660 x 280/280	2	186	2946	0,347	1023,5
ФЛ611-18	Упор задній	СЧ-20	2946	98	288708	940 x 660 x 280/280	2	196	1473	0,347	511,8
ФЛ611-9	Противага	СЧ-20	2946	108	318168	940 x 660 x 280/280	1	108	2946	0,347	1023,5
ФЛ611-19	Рукав	СЧ-20	2946	112	329952	940 x 660 x 280/280	1	112	2946	0,347	1023,5
ФЛ611-11	Плита фундаментна	СЧ-30	5892	158	930936	940 x 660 x 280/280	1	158	5892	0,347	2047,0
ФЛ611-20	Кривошип	СЧ-25	1473	161	237153	940 x 660 x 280/280	1	161	1473	0,347	511,8
ФЛ611-21	Станина 4	СЧ-30	1473	170,6	251294	940 x 660 x 280/280	1	170,6	1473	0,347	511,8
Друга масова група											
ФЛ611-23	Корпус візка	СЧ-30	1473	186	273978	1660x1400x250/250	2	372	737	1,12	824,9
ФЛ611-24	Станина 2	СЧ-30	1473	207,4	305500	1660x1400x250/250	2	414,8	737	1,12	824,9
ФЛ611-25	Станина 1	СЧ-30	1473	234	344682	1660x1400x250/250	2	468	737	1,12	824,9
ФЛ611-27	Станина 6	СЧ-30	1473	237	349101	1660x1400x250/250	2	474	737	1,12	824,9
ФЛ611-26	Стояк правий	СЧ-30	1473	237	349101	1660x1400x250/250	2	474	737	1,12	824,9
ФЛ611-28	Станина 3	СЧ-30	1473	292	430116	1660x1400x250/250	2	584	737	1,12	824,9
ФЛ611-1	Плита фундаментна	СЧ-30	1473	334	491982	1660x1400x250/250	1	334	1473	1,12	1649,8
ФЛ611-2	Стояк лівий	СЧ-30	1473	339	499347	1660x1400x250/250	1	339	1473	1,12	1649,8
ФЛ611-13	Станина 5	СЧ-30	1473	350,3	515992	1660x1400x250/250	1	350,3	1473	1,12	1649,8
ФЛ611-15	Станиця 7	СЧ-30	1473	452	665796	1660x1400x250/250	1	452	1473	1,12	1649,8
ФЛ611-12	Маточина	СЧ-18-36	1473	473	696729	1660x1400x250/250	1	473	1473	1,12	1649,8
ФЛ611-14	Станиця 8	СЧ-30	1473	582	857286	1660x1400x250/250	1	582	1473	1,12	1649,8
ФЛ611-4	Станиця 9	СЧ-30	1473	625	920625	1660x1400x250/250	1	625	1473	1,12	1649,8

Таблиця 4.2 – Зведена кількість форм та формувальні лінії

Потокова лінія	Групи виливків за масою	Робочий розмір опок	Річний випуск		Середньогодинна кількість форм, шт
			виливків, т	форм, шт	
1	до 150 кг	940 × 660 × 280/280	3300	24305	120
2	до 650 кг	1660×1400×250/250	6700	14730	42

Таблиця 4.3 – Загальні дані сумішоприготувального відділення

Внутрішні розміри опок, мм	Випуск виливків, т/рік	Середня маса виливка у формі, кг	Розрахункова кількість форм на рік, шт	Об'єм однієї форми	Розрахунковий об'єм усіх форм, м³	Розрахований об'єм, м³/рік				Розраховані витрати суміші, т/рік
						усіх форм	у тому числі			усього
							металу	стрижневої	суміші	
940 × 660 × 280/280	3399	212	14414	0,347424	5007,7	7906	485,5	1685	5735,5	8162,55
1660×1400×250	6901	457	13655	1,6875	23042,8	25603	985,9	1264	23353,1	27078,81

Кількість змішувачів періодичної дії для сумішоприготувального відділення визначаємо за формулою 4.1[3]:

$$Z_m = \frac{P_{ну} \cdot K_n}{\Phi_d \cdot q}, \quad (4.1)$$

де Z_m – кількість змішувачів періодичної дії;

$P_{ну}$ – річна кількість неущільненої суміші, т;

K_n – коефіцієнт нерівномірності роботи змішувача;

Φ_d – дійсний фонд часу роботи устаткування, год;

q – продуктивність змішувача, м³/год.

Підставивши дані у формулу матимемо:

$$Z_m = \frac{(5\,735,5 + 23\,353,1) \cdot 2,1}{3\,720 \cdot 11,76} = \frac{61\,088,16}{43\,747,2} = 1,39$$

					ФЛ61.61401.1110.0000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		23

Коефіцієнт завантаженості розраховуємо за формулою 4.2 [3]:

$$K_3 = \frac{Z_M}{Z_P}, \quad (4.2)$$

де K_3 – коефіцієнт завантаженості;

Z_M – кількість змішувачів розрахункова, шт;

Z_P – кількість змішувачів прийнята, шт.

$$K_3 = \frac{1,39}{2} = 0,7$$

$K_3 = 0,7$, що задовольняє норму, отже будемо використовувати в сумішоприготувальному відділенні 2 коткових змішувачі, технічні характеристики якого наведені у таблиці 4.5.

Таблиця 4.5 – Технічні характеристики коткового змішувача

Об'єм замісу, м ³	0,5
Частота обертання ротора, об/хв	19
Діаметр чаші, мм	2200
Висота чаші, мм	500
Діаметр котків, мм	900
Ширина котків, мм	250
Маса одного котка, кг	725
Мінімальний зазор між котком та дном чаші, мм	20
Кількість котків, од.	2
Кількість плужків, од.	3
Габаритні розміри машини, мм	2200×2200×1690
Діаметр чаші, мм	2200
Продуктивність, м ³ /год	11,76

5 ТЕХНОЛОГІЯ ВИГОТОВЛЕННЯ ВИЛИВКА

5.1 Загальна характеристика литої деталі

Маточина – це центральна частина обертової деталі призначена для насадки на вісь або вал.

Деталь «Маточина» має масу 473 кг та виготовлена зі сплаву марки СЧ20.

Деталь має один наскрізний отвір діаметром 210 мм та 6 технологічних отворів по периметру деталі, що розташовані симетрично відносно вертикальної осі під кутом 60 градусів один від одного.

Середня товщина стінки даного виливка складає 60 мм, що задовольняє обраний спосіб її виготовлення.

Конструкція литої деталі повинна забезпечувати високий рівень її службових (міцність, жорсткість, та інше) характеристик при заданій масі та точності конфігурації а також враховувати технологію її виготовлення, тобто бути зручною для виготовлення та обробки [4].

Забезпечення потрібних експлуатаційних властивостей деталей залежить також від якості виливка, основними показниками якого являються механічні та експлуатаційні властивості.

Для виливка "Маточина" вибираємо механічні властивості та хімічний склад чавуну марки СЧ20 згідно до ГОСТ 1412-85 [5].

Таблиця 5.1 – Хімічний склад сплаву СЧ20 [5]

Елемент	C,%	Si,%	Mn,%	P,%	S,%
Рекомендовано	3,3...3,5	1,4...2,4	0,7...1,0	<0,15	<0,2

					ФЛ61.61401.1110.0000 ПЗ		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ТЕХНОЛОГІЯ ВИГОТОВЛЕННЯ ВИЛИВКА		
Розроб.		Заярний Д. В.					
Перевір.		Лютин Р. В.					
Реценз.		П.І.Б.					
Н. Контр.		П.І.Б.					
Затверд.		П.І.Б.					
					Літ.	Арк.	Акрушів
						25	87
					КПІ ім. І. Сікорського ІФФ, ЛВЧКМ, ФЛ-61-1		

Границя міцності на розтяг[5]	200 МПа
Твердість[5]	170...240 НВ
Ливарна усадка сплаву[5]	0,8 %

5.2 Технологія виготовлення деталі

Деталь «Маточина» виготовляється на автоматичній формувальній лінії за технологією лиття в сирі піщано-глинясті форми. Процес операцій на лінії наступний[6]:

- Підготовка моделі (фарбування, очищення тощо);
- Насипання і обтиску суміші (операція виконується в ручну);
- Установка опоки і навішування гачків (у верхній опоці);
- Установка стрижнів
- Дозування суміші і ущільнення її струшуванням;
- Підпресовка і зрізання надлишків суміші;
- Кантування півформи, видача півформи на обробку;
- Кантування і видача модельного комплекту на конвеєр.

5.3 Положення виливка у формі

Положення виливка у формі вказано на рисунку 5.1 [4]. Дане положення було визнано найоптимальнішим оскільки при такому положенні виливка у формі поверхні які служать базою при механічній обробці знаходяться у нижній частині форми, циліндричні поверхні і внутрішні поверхні, що оброблюються, знаходяться у вертикальному положенні.

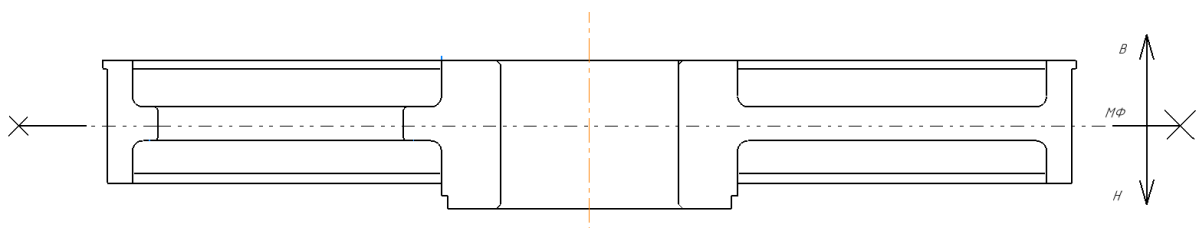


Рисунок 5.1 – Схема положення виливка у формі.

					ФЛ61.61401.1110.0000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		26

Для формування внутрішньої порожнини виливка, використовуємо сім внутрішніх стрижнів.

У нашому випадку для виконання внутрішньої порожнини поверхні застосовуємо вертикальні стрижні, що зображено на рисунку 5.2.

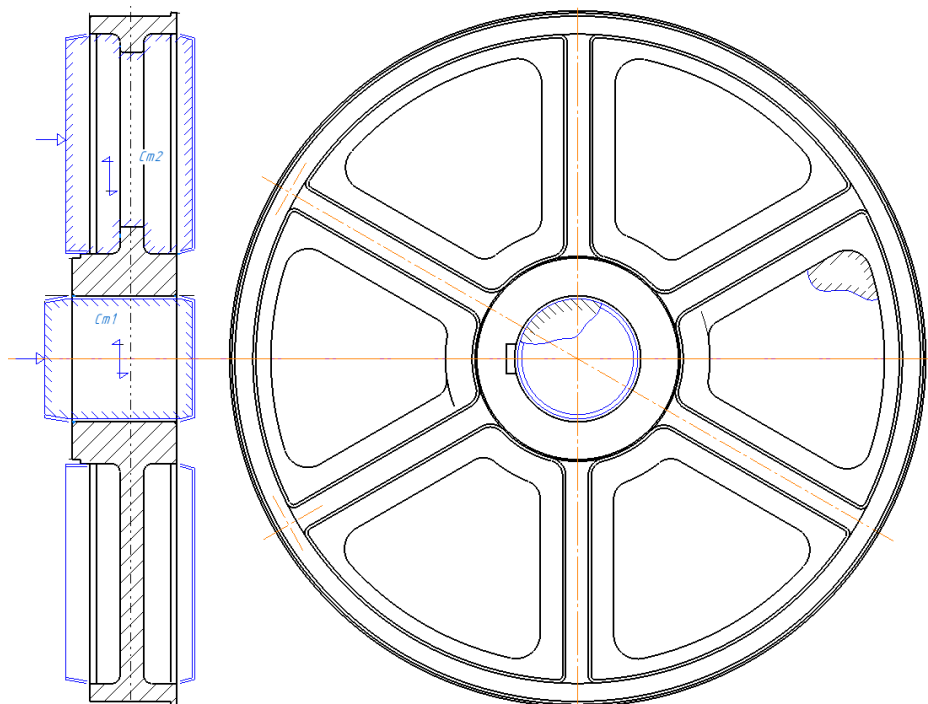


Рисунок 5.2 – Схема постановки стрижнів в деталі «Маточина»

Формувальні ухили та технологічні зазори визначені та занесені до таблиці 5.2.

Таблиця 5.2 – Формувальні ухили та технологічні зазори

Поз. стрижня	N	h, мм	Габарит стрижня (A+B)/2, мм	Висота знака, мм		Зазор $S_1=S_2$, мм	Кут α	Кут β
				нижнього	верх.			
Ст. 1	1	175	210	35	15	1	7°	10°
Ст. 2	6	135	280	35	15	1	7°	10°

5.4 Усадка металу

Для виготовлення деталі «Маточина» використовується сплав на основі заліза СЧ20 хімічний склад якого приведено у таблиці 5.1. Вільна усадка даного сплаву 1,2 %, проте утруднена усадка складає 0,8 %, що необхідно врахувати при конструюванні деталі [5].

На рисунку 5.3 та 5.4 вказано можливу утруднену усадку в різних напрямках.

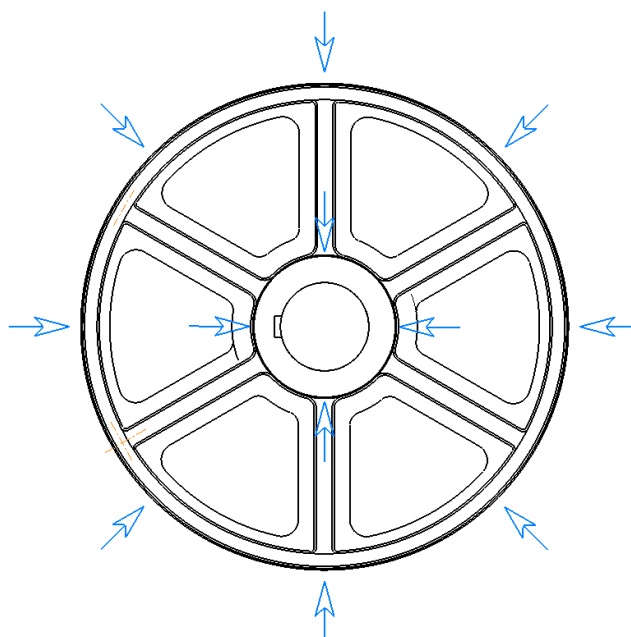


Рисунок 5.3 – напрямок утрудненої усадки (вид зверху)

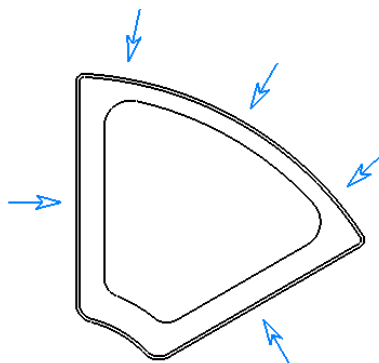


Рисунок 5.4 – Напрямок утрудненої усадки (фрагмент сектора деталі)

					ФЛ61.61401.1110.0000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		28

Напрямок усадки можна лише прогнозувати, проте найбільш очевидні напрямки потрібно враховувати при проектуванні деталі та вибору технології її виготовлення.

5.5 Припуски на механічне оброблення, клас розмірної точності, шорсткості поверхонь

Для забезпечення необхідної шорсткості робочих поверхонь необхідно призначити припуски на механічне оброблення.

Величину припусків на механічне оброблення призначаємо у відповідності до вимог ГОСТ 26645-85. Вибрані припуски на механічне на механічне оброблення занесено до таблиці 5.3.

Таблиця 5.3 – Припуски на механічне оброблення [7]

Номінальні розміри	Ø1140	Ø335	175	145	Ø210
Клас розмірної точності виливка	11				
Ступінь жолоблення виливка	6				
Ступінь точності поверхонь	16				
Шорсткість поверхні	63				
Клас точності маси виливка	10				
Ряд припусків	8				
Допуски розмірів виливка, мм	5,6	4,0	3,6	3,2	3,6
Допуски форми та розміщення елементів виливка, мм	4,0	1,20	0,64	0,50	0,8
Загальний допуск елемента виливка, мм	8	4,4	4,0	3,2	4,0
Вид кінцевого механічного оброблення	чистове				
Загальний припуск на сторону, мм	9,0	5,8	5,8	4,6	5,8

5.6 Розрахунок розмірів та вибір опок, кількість виливків у формі

Опока – пристрій, який слугує для утримання формувальної суміші, надання їй міцності та жорсткості, виконання підємно-транспортних операцій [4].

					ФЛ61.61401.1110.0000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		29

Опока включає в себе: рамку, ребра жорсткості, елементи транспортування, елементи центрування та кріплення.

Необхідні розміри опок визначаємо розрахунком, виходячи з розміщення виливків у формі, розміщення ливникової системи.

Основна задача при виборі розмірів опок – мінімізувати витрати формувальної суміші.

Керуючись допустимими розмірами форми формувальної лінії (табл. 4.1) у формі розміщено один виливок.

Так, як характери виробництва багатосерійний то відстані від виливка до стінок опок приймаємо у відповідності до таблиці 5.4.

Таблиця 5.4 – Відстані від виливка до стінок опоки

Позначення	а	б	с
Рекомендовано, мм	40...70	40...70	40...80
Приймаємо, мм	70	70	50

Розрахункова схема визначення розмірів опоки вказана на рис. 5.5.

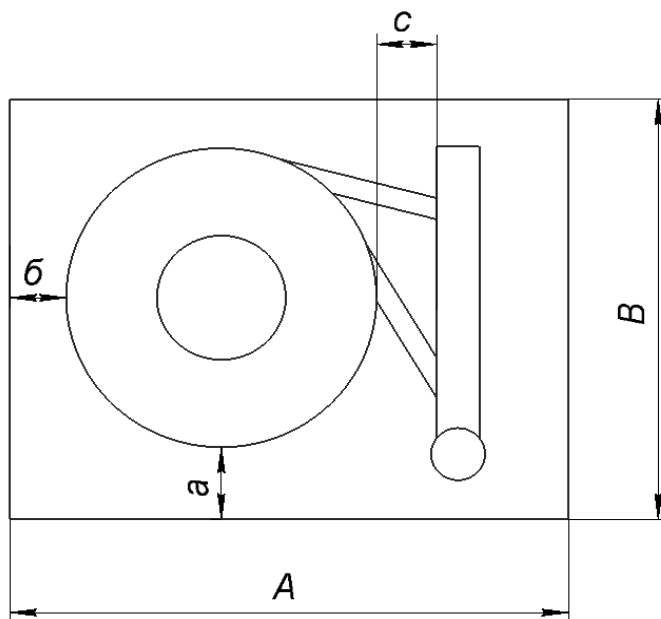


Рисунок 5.5 – Розрахункова схема визначення розмірів опоки

Розрахунок розмірів опок проводити не доцільно, оскільки в нашому випадку опока задана формувальною лінією і вона задовольняє умови виготовлення даного виготовлення.

За конфігурацією розрізняють квадратні, прямокутні та круглі опоки. Крім цього вони можуть бути литі, ті що збираються за допомогою зварювання (зварні), а також комбіновані.

У даному випадку використовуються литі чавунні опоки прямокутної форми з розмірами, вказаними у таблиці 4.1.

Центрування опок проводимо за допомогою центрувальних та напрямівних штирів.

Скріплення опок проводимо за допомогою скоб відповідного типорозміру з розрахунку їх міцності на розрив. Транспортування опок, а також готових півформ виконуємо за допомогою цапф.

5.7 Розрахунок ливникової системи

Ливниковою системою називається сукупність каналів та елементів ливарної форми для підведення рідкого металу в до виливків, забезпечення заповнення порожнин і живлення виливків в процесі твердіння.

Ливникова система має відповідати наступним вимогам [7]:

1. Забезпечити плавне заповнення порожнини форми металом і живлення виливка в процесі його затвердіння.
2. Сприяти отриманню виливка з точними розмірами, без поверхневих дефектів.
3. Витрата металу на ливникову систему має бути мінімальною.

Нормальна ливникова система складається із чотирьох елементів: ливникової чаші або воронки, стояка, шлаковловлювача або колектора, одного або декількох живильників.

Ливникова чаша знижує гідродинамічний удар струменя рідкого металу з розливающего ковша і частково затримує тверді шлакові вкраплення під час

					ФЛ61.61401.1110.0000 ПЗ	Арк.
						31
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

розливання чавуну та бронзи. Вона не в змозі затримати рідкий склоподібний шлак у сталі або дрібні тверді оксидні плівки в алюмінієвих та магнієвих сплавах. У цих випадках, а також при механізованому виробництві дрібних виливків, ливникова чаша замінюється більш простою ливниковою воронкою у вигляді зворотного конуса [8].

Стояк – це вертикальний канал, по якому метал опускається від верхнього рівня у ливниковій чаші до рівня підведення струменя в порожнину, яка утворює тіло вилівка. Від висоти стояка залежить напір металу під час заливання форми. Найчастіше модель стояка має форму циліндра з формувальним ухилом $1,5...2,0^\circ$ і вилучається з боку контрладу форми [4].

Шлаковловлювач – це канал або резервуар між стояком та живильниками, функція якого полягає у затриманні вкраплень легкого твердого пемзо-подібного шлаку, які можуть потрапити у форму з розливального ковша [4].

Живильник – це короткий канал, по якому рідкий метал від шлаковловлювача або колектора прямує безпосередньо у порожнину форми, яка утворює тіло вилівка [4].

Розрахунок ливникової системи починають з визначення площі самого вузького перерізу живильників, а потім за прийнятими співвідношеннями визначають площі перерізу шлаковловлювача та стояка.

Розрахунок загальної площі вузького перерізу (живильника) ливникової системи за формулою Озанна-Дітерта [9].:

$$\Sigma F_{\text{ж}} = \frac{G_{\text{в}}}{\mu \cdot \tau \cdot 0,31 \cdot \sqrt{H_{\text{р}}}}, \quad (5.1)$$

де $G_{\text{в}}$ – маса вилівка з ливниковою системою, кг;

$$G_{\text{в}} = (1,15...1,25) G_{\text{дет}}, \quad (5.2)$$

де $G_{\text{дет}}$ – маса деталі, кг;

μ – коефіцієнт опору руху металу в каналах ливникової системи для чавуну, що заливається в сиру форму з середнім опором руху становить: $\mu=0,42$;

					ФЛ61.61401.1110.0000 ПЗ	Арк.
						32
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

τ_3 – час заповнення форми металом, с:

$$\tau_3 = S \cdot \sqrt[3]{\delta \cdot G_B} \quad (5.3)$$

де S – коефіцієнт часу, приймаємо рівним: $S = 1,5$;

δ – переважна товщина стінки виливка, мм;

G_B – маса виливка з ливниковою системою, кг.

Маса металу, необхідна для отримання виливка з ливниковою системою розраховується за формулою[9]:

$$G = G_d \cdot 1,15 + 0,1 \cdot 1,15 \cdot G_d \quad (5.4)$$

де G_d – маса металу деталі, кг;

0,1 – коефіцієнт врахування ливникової системи.

$$G = 1,15 \cdot 473 + 0,1 \cdot 1,15 \cdot 473 \approx 600 \text{ кг};$$

$$\tau_3 = 1,5 \cdot \sqrt[3]{40 \cdot 600} \approx 42 \text{ с};$$

Розрахунковий металостатичний напір розраховуємо за формулою[4]:

$$H_p = H_0 - \frac{p^2}{2 \cdot C}, \quad (5.5)$$

де H_0 – напір металу у ливниковій системі (дорівнює відстані від рівня підведення живильників у виливок до рівня металу в ливниковій воронці або ливниковій чаші), см;

p – відстань по вертикалі від місця підведення живильника до верхньої точки виливка, см;

C – висота виливка у положенні при заливанні, см;

$$H_p = 25,0 - \frac{7,5^2}{2 \cdot 17,5} = 23,4 \text{ см}.$$

Підставляємо отримані дані у формулу для розрахунку сумарної площі живильників (5.1):

$$\Sigma F_{\text{ж}} = \frac{600}{0,42 \cdot 42 \cdot 0,31 \cdot \sqrt{23,4}} = 21,15 \text{ см}^2$$

					ФЛ61.61401.1110.0000 ПЗ	Арк.
						33
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Розрахунок співвідношення перерізів елементів ливникової системи за наступною формулою[9]:

$$\Sigma F_{\text{СТ}} : \Sigma F_{\text{шл}} : \Sigma F_{\text{Ж}} = 1,5 : 1,1 : 1,0 = 31,73 : 23,27 : 21,15. \text{ см}^2 \quad (5.6)$$

де $F_{\text{СТ}}$ – площа стояка, см^2 ;

$F_{\text{шл}}$ – площа шлаковловлювача, см^2 ;

$F_{\text{Ж}}$ – площа шлаковловлювача, см^2 ;

Далі розраховуємо лінійні розміри ливникової системи. Лінійні розміри живильника розраховуємо за формулою:

$$F_{\text{Ж}} = \frac{\Sigma F_{\text{Ж}}}{n}, \quad (5.7)$$

де $\Sigma F_{\text{Ж}}$ – сумарна площа живильників, см^2 ;

n – кількість живильників на виливок, шт;

$$F_{\text{Ж}} = \frac{21,15}{2} = 10,58 \text{ см}^2$$

На рисунку 5.6 вказана розрахункова схема поперечного перерізу живильника.

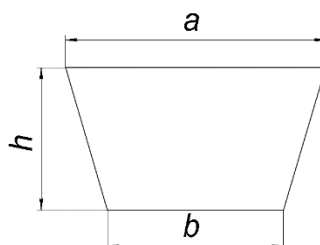


Рисунок 5.6 – Схема поперечного перерізу живильника

Виходячи з площі поперечного перерізу живильника приймаємо лінійні розміри живильників і заносимо їх до таблиці 5.5.

Таблиця 5.5 – Лінійні розміри живильника

Позначення	a	b	h
Розмір, мм	34	30	32

Розрахунок лінійних розмірів шлаковловлювача розраховуємо виходячи з площі його поперечного перерізу (формула 5.6), та заносимо до таблиці 5.6.

На рисунку 5.7 вказана розрахункова схема поперечного перерізу живильника.

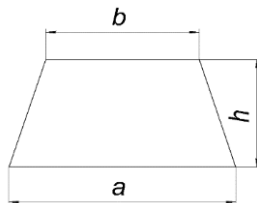


Рисунок 5.7 – Схематичне зображення перерізу шлаковловлювача

Таблиця 5.6 – Лінійні розміри шлаковловлювача

Позначення	a	b	h
Розмір, мм	54	50	52

Діаметр стояка визначаємо за формулою:

$$d_{CT} = \sqrt{\frac{4 \cdot \sum F_{CT}}{\pi}}, \quad (5.8)$$

де $\sum F_{CT}$ – сумарна площа стояка, см²;

$$d_{CT} = \sqrt{\frac{4 \cdot 31,73}{\pi}} = 6,4 \text{ см}$$

Схематичне зображення поперечного перерізу стояка зображено на рисунку 5.8.

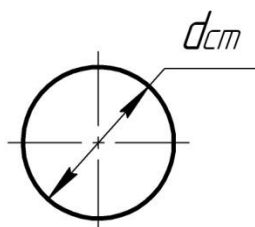


Рисунок 5.8 – Схематичне зображення поперечного перерізу стояка

5.8 Характеристика модельного комплекту

					ФЛ61.61401.1110.0000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		35

Для виготовлення моделі вилівка а також виготовлення стрижневих ящиків застосовуємо сплав АК7 ДСТУ 2839-94.

Дане рішення забезпечує отримання моделі високої точності з гладкою поверхнею, високої зносостійкості та корозійної стійкості [10].

До складу модельного комплекту входить:

- модельна плита – 2 шт.;
- модель вилівка (складається з двох окремих частин) — 1 шт.;
- моделі ливникової системи: стояк –1 шт., шлаковловлювач –1 шт., живильник –2 шт.;
- стрижневий ящик №1, №2 — по 1 шт.;

В даному випадку наша модель є роз'ємною, відокремлюваних частин немає. Виконується порожнистою, з встановленням у порожнині ребер жорсткості товщиною 10 мм [10].

Стрижневі знаки моделі виконуємо у відповідності розмірам, вказаними в табл. 5.7 з дотриманням вимог ГОСТ 3212-92.

Кріплення моделі на модельній плиті здійснюємо болтами, центрування моделі на модельній плиті здійснюємо за допомогою 3 штифтів.

Формувальні ухили на вертикальних поверхнях моделі, а також стрижневого ящика призначаємо у відповідності з табл. 5.7, ГОСТ 3212-92.

Таблиця 5.7 – Формувальні ухили та технологічні зазори

Поз.стрижня	К-ть	Вис., мм	Габарит стрижня (A+B)/2, мм	Висота знака, мм		Зазор $S_1=S_2$, мм	Кут α	Кут β
				Ниж.	верх.			
Ст. 1	1	175	210	35	15	1	7°	10°
Ст. 2	6	135	280	35	15	1	7°	10°

Клас точності модельного комплекту – 6 (згідно ГОСТ 3212-92). Так як деталь виготовляється із чавуну СЧ 20, то модель необхідно пофарбувати у

					ФЛ61.61401.1110.0000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		36

червоний колір. Чорним кольором фарбуємо поверхні стрижневих знаків та інших частин, які не заливаються розплавом. Для зменшення прилипання суміші до моделі її покривають розділовим покриттям яке складається із суміші гасу і сріблястого графіт.

5.9 Формувальні та стрижневі суміші

Формування виливка відбувається при кристалізації розплавленого металу в ливарній формі. При цьому розплав взаємодіє з поверхнею форми й у ній відбуваються складні механічні і фізико-хімічні процеси, які впливають на якість виливка [11]. Так, форма повинна опиратися тиску розплаву, не змінюючи своїх розмірів, витримувати високі температури, не розплавлятися і не вступати в хімічну взаємодію з металом і газами, мати пористість, що забезпечує вихід газів з порожнини форми і запобігати утворенню газових раковин, відбирати тепло з розплаву і регулювати швидкість охолодження виливка [11].

У практиці ливарних цехів застосовують велику кількість різноманітних за складом формувальних і стрижневих сумішей. Вибір складу визначається призначенням суміші, а також способом формування, серійністю і видом сплаву [12].

Враховуючи вимоги, які ставляться до виливка застосовуємо сиру піщано-глинясту суміш.

Дана формувальна суміш, використовується в сучасних технологічних процесах. Вано володіє комплексом наступних властивостей: міцністю, газопроникністю, вогнетривкістю, довговічністю і т. д., забезпечує високу якість виливків та задану продуктивність, склад наведено в табл. 5.8.

Для виготовлення стрижнів використовую холоднотвердну суміш з олігофурфурилоксисилоксановим зв'язувальним компонентом [12]. При термодеструкції немає шкідливих парів чи газів. Цей процес дає змогу

					ФЛ61.61401.1110.0000 ПЗ	Арк.
						37
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

отримати високоякісну поверхню виливка, забезпечує високу продуктивність виробництва.

Суміш майже не має запаху, що дає можливість ручного її ущільнення. Відокремлення стрижня від оснащення відбувається легко, без додаткових зусиль. Склад стрижневої суміші наведено в табл. 5.9.

Таблиця 5.8 – Склад та властивості формувальної суміші

Інд. поз.	Найменування параметра	Значення
1	Призначення суміші	Чавунні виливки
2	Вміст компонента, % (за масою): - оборотна суміш - кварцовий пісок - каолінова глина	94,5...95,5 5...8 1,2...2,0
3	Вологість, %	3,3...3,7
4	Міцність на стиск, МПа	0,05...0,08
5	Газопроникність, од.	100

Таблиця 5.9 – Склад та властивості стрижневої суміші

Інд. поз.	Найменування параметра	Значення
1	Вміст кварцового піску, мас.ч.	100
2	Вміст водного розчину смоли (олігофурфурілоксисилаксанова смола), мас.ч.	2
3	Вміст каталізатора (Бензилсульфо кислота)	1

Приготування формувальної суміші здійснюється у змішувачах з вертикально обертовими котками в наступній послідовності: з витратних бункерів у змішувач подаються порції сипких матеріалів в співвідношенні, яка визначена; після чого відкривається кран подачі води і відміряється необхідна її порція; потім відбувається процес перемішування; після чого виконують розвантаження готової формувальної суміші, яка за допомогою стрічкових конвеєрів транспортується до витратних бункерів, встановлених над формувальними машинами [11].

Приготування стрижневої суміші відбувається у шнековому змішувачі періодичної дії моделі 19512 у наступній послідовності: дозування необхідної кількості наповнювача та каталізатора твердіння, їх перемішування 40...60 с., додавання зв'язувального компонента, перемішування матеріалів 40...60 с., розвантаження приготованих сумішей у витратні бункери стрижневої машини.

5.10 Технологія виготовлення стрижнів

Стрижні виготовляємо на напівавтоматичних піскодувних стрижневих машинах моделі 4509С. Процес виготовлення включає наступні операції[3]:

- очищення поверхні стрижневого ящика від залишків суміші попереднього заформування;
- нанесення на поверхню стрижня розділового покриття;
- збирання стрижневого ящика з встановленням каркасу;
- встановлення стрижневого ящика на робочий стіл стрижневої машини;
- заповнення стрижневого ящика;
- витримування стрижня в ящику (10...15 хв.);
- вилучення стрижня з ящика та встановлення його на стрижневу плиту;
- встановлення стрижня на привідний рольганг камери фарбування.

					ФЛ61.61401.1110.0000 ПЗ	Арк.
						39
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Схематичне зображення стрижневого ящика представлено на рис. 5.9.

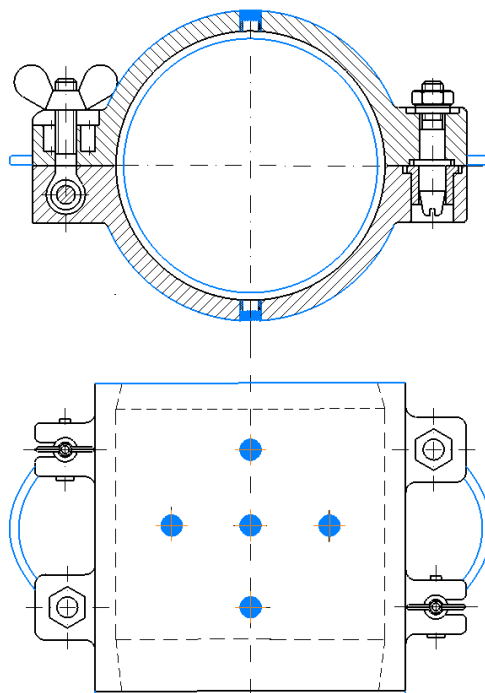


Рисунок 5.9 – Схематичне зображення стрижневого ящика

5.11 Методи попередження пригару

Пригаром називають дефект у вигляді важко відокремлюваного шару на поверхні виливка, утвореного внаслідок фізико-хімічної взаємодії форми або стрижня з розплавом та його оксидами. [13]

Оскільки форма сушитися не буде, то доцільно використати протипригарну фарбу, що сама висихає наступними складу та властивостями [13]:

Графіт – 50%;

Полівінілбутираль – 3,5% ;

Етиловий спирт – 46,5%.

Для попередження утворення пригару з боку стрижня використовуємо також самовисихаючу фарбу [13]. Даний тип фарб має органічний розчинник, який швидко випаровується, завдяки чому немає необхідності використовувати сушіння.

					ФЛ61.61401.1110.0000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		40

Фарба наступного складу[14]:

Графіт – 50%;

Полівінілбутираль – 3,5% ;

Етиловий спирт – 46,5%.

5.12 Технологічний процес виплавлення металу

Для виплавлення металу використовуємо індукційну тигельну електро піч моделі ІТПЕ-1,5/1,2 ТГ [9]. Кількість печей визначаємо за формулою 5.9 .

$$n = \frac{B_p K_H}{\Phi_d q} \quad (5.9)$$

де B_p – маса рідкого металу на річну програму, т/рік (табл. 5.10);

K_H – коефіцієнт нерівномірності виплавлення і використання рідкого металу ($K_H=1,1$);

Φ_d – дійсний фонд часу роботи печі, год (табл. 2.1);

q - продуктивність печі, т/год (табл. 5.11).

$$n = \frac{15497,8 * 1,1}{3720 * 1,3} = 3,52$$

Отже для виплавлення металу будемо використовувати 4 печі моделі ІТПЕ-1,5/1,2 ТГ технічні характеристики якої наведені у таблиці 5.11.

Таблиця 5.10 – Баланс металу

інд.поз.	Дільниця	Придатне литво		Ливники, зливи, браковані виливки		Рідкий метал		Угор, безповодтні витрати		Металозавалка	
		%	т/рік	%	т/рік	%	т/рік	%	т/рік	%	т/рік
1	< 150 кг	60	3603,3	35	2101,9	95	5705,2	5	300,28	100	6005,5
2	> 150 кг	65	6700,2	30	3092,4	95	9792,6	5	515,4	100	10308

Таблиця 5.11 – Технічні характеристики ІТПЕ-1,5/1,2 ТГ

Модель	ІТПЕ-1,5/1,2 ТГ
Місткість, т	1,5
Потужність живлячого перетворювача, кВт	1200
Продуктивність, т/год	1,3
Напруга, В	6000/10000
Об'єм води на охолодження, м ³ /год	24,0
Витрати електроенергії кВт.год/т	570
Тип джерела живлення	ТПЧ-1200-1,0

Розраховуємо шихту [15] [16] для виплавлення 697 т чавуну марки СЧ20, хімічний склад якого приведений у таблиці 5.1, При цьому угар елементів приймемо +4%Ус; -5% У_{Si}; -8% У_{Mn}; 0%У_p; -8% У_S; загальний металургійний угар -2,6% ЗМУ, необоротні витрати металу -2,4% НВМ, при цьому вихід придатного литва планується в межах 65%. Загальна кількість первинних чавунів і феросплавів у шихті визначена у кількості 35% ΣПК.

Сумарна маса шихти ШР=100%.

Хімічний склад шихти, %:

$$C_{ш} = 3,4 \cdot \frac{100}{100+4} = 3,26;$$

$$Si_{ш} = 1,8 \cdot \frac{100}{100-5} = 1,89;$$

$$Mn_{ш} = 0,8 \cdot \frac{100}{100-8} = 0,86;$$

$$P_{ш} = 0,15 \cdot \frac{100}{100-0} = 0,15;$$

$$S_{ш} = 0,2 \cdot \frac{100}{100-8} = 0,21;$$

					ФЛ61.61401.1110.0000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		42

Вміст звороту власного виробництва в шихті:

$$ЗВ=100 - 65 + (-2,6+(-2,4)) = 30\%$$

Кількість вуглецю, кремнію, марганцю, фосфору і сірки, що додається у шихту зі зворотом власного виробництва, %:

$$C_{ш(ЗВ)}= 3,26 \cdot \frac{30}{100} = 0,978;$$

$$Si_{ш(ЗВ)}= 1,89 \cdot \frac{30}{100} = 0,567;$$

$$Mn_{ш(ЗВ)}= 0,86 \cdot \frac{30}{100} = 0,258;$$

$$P_{ш(ЗВ)}= 0,15 \cdot \frac{30}{100} = 0,045;$$

$$S_{ш(ЗВ)}= 0,21 \cdot \frac{30}{100} = 0,063;$$

Система балансних рівнянь між сталлю і чавуном за вуглецем із співвідношенням мас:

$$\begin{cases} 0,20 \frac{СБ}{100} + 3,80 \frac{\Sigma Ч}{100} = 2,96; \\ СБ + \Sigma Ч = 100 \end{cases}$$

$$0,002 СБ + 0,038/100 - СБ = 3,26;$$

$$3,80 - 3,26 = 0,038 СБ - 0,002 СБ;$$

$$СБ = \frac{0,54}{0,036} = 15\%$$

Вміст компонентів, що додаються зі сталевим брухтом, %:

$$C_{(СБ)}= 0,2 \cdot \frac{15,0}{100} = 0,044;$$

$$Si_{(СБ)}= 0,2 \cdot \frac{15,0}{100} = 0,044;$$

$$Mn_{(СБ)}= 0,6 \cdot \frac{15,0}{100} = 0,132;$$

$$P_{(СБ)}= 0,05 \cdot \frac{15,0}{100} = 0,011;$$

$$S_{(СБ)}= 0,05 \cdot \frac{15,0}{100} = 0,011;$$

Вміст у шихті чавунного брухту:

$$ЧБ = 100 - 15,0 - 30,0 - 35,0 = 20,0\%.$$

					ФЛ61.61401.1110.0000 ПЗ	Арк.
						43
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Вміст компонентів, що додаються із чавунним брухтом, %:

$$C_{(ЧБ)} = 3,55 \cdot \frac{20}{100} = 0,71;$$

$$Si_{(ЧБ)} = 2,15 \cdot \frac{20}{100} = 0,43;$$

$$Mn_{(ЧБ)} = 0,6 \cdot \frac{20}{100} = 0,12;$$

$$P_{(ЧБ)} = 0,15 \cdot \frac{20}{100} = 0,03;$$

$$S_{(ЧБ)} = 0,050 \cdot \frac{20}{100} = 0,01;$$

Необхідний вміст вуглецю, кремнію і марганцю в сумарній масі первинних компонентів шихти, %:

$$C_{ш(\Sigma ПК)} = 3,26 - (0,71 + 0,044 + 0,978) = 1,53;$$

$$Si_{ш(\Sigma ПК)} = 1,89 - (0,43 + 0,044 + 0,567) = 0,85;$$

$$Mn_{ш(\Sigma ПК)} = 0,86 - (0,12 + 0,132 + 0,258) = 0,35;$$

Максимально допустимий вміст фосфору і сірки в сумарній масі первинних компонентів шихти, %:

$$P_{ш(\Sigma ПК)} = 0,15 - (0,03 + 0,011 + 0,045) = 0,064;$$

$$S_{ш(\Sigma ПК)} = 0,2 - (0,001 + 0,011 + 0,063) = 0,125;$$

Розрахунковий хімічний склад сумарної маси первинних компонентів шихти, %:

$$C_{К(\Sigma ПК)} = 1,53 \cdot \frac{100}{35} = 4,37;$$

$$Si_{К(\Sigma ПК)} = 0,85 \cdot \frac{100}{35} = 2,43;$$

$$Mn_{К(\Sigma ПК)} = 0,35 \cdot \frac{100}{35} = 1,00;$$

$$P_{К(\Sigma ПК)} = 0,064 \cdot \frac{100}{35} = 0,18;$$

$$S_{К(\Sigma ПК)} = 0,125 \cdot \frac{100}{35} = 0,357;$$

На координатну площину «Кремній – Марганець», взяту з діаграми і додану до розрахунку, нанесено точку з координатами: $Si_{К(\Sigma ПК)} = 2,1\%$; $Mn_{К(\Sigma ПК)} = 1,22\%$ (рисунок 5.10)

Для надійного зміщення середньоарифметичної точки до масиву первинних чавунів обрано нову координату за марганцем та сіркою:

					ФЛ61.61401.1110.0000 ПЗ	Арк.
						44
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$Mn'_{K(\Sigma PK)} = 0.8\%$$

Потрібний для цього феромарганцю в шихті:

$$\Phi M = \frac{1,22 - 0,8}{65 + (1,22 - 0,8)} \cdot 35 = 0,224\%;$$

К-сть кожного з хімічних елементів, що додають у шихту з феромарганцем, %:

$$C_{ш(\Phi M)} = 2,0 \cdot \frac{0,25}{100} = 0,005;$$

$$Si_{ш(\Phi M)} = 2,0 \cdot \frac{0,25}{100} = 0,005;$$

$$Mn_{ш(\Phi M)} = 75 \cdot \frac{0,25}{100} = 0,187;$$

$$P_{ш(\Phi M)} = 0,35 \cdot \frac{0,25}{100} = 0,0007;$$

$$S_{ш(\Phi M)} = 0,03 \cdot \frac{0,25}{100} = 0,00006;$$

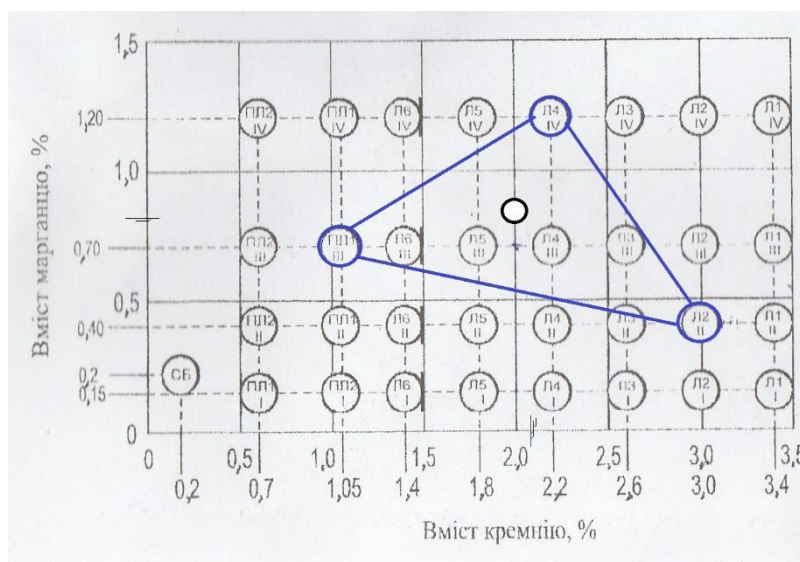


Рисунок 5.10 – Діаграма «Кремній-Марганець»

Скорегована кількість первинний компонентів у шихі:

$$\Sigma PK = 35 - 0,2 = 34,8\%$$

Вміст хімічних елементів у сумарній масовій частці шихти з первинних компонентів, %:

$$C_{ш(\Sigma PK')} = 3,4 - (0,71 + 0,044 + 0,978 + 0,005) = 1,663;$$

$$Si_{ш(\Sigma PK')} = 1,8 - (0,43 + 0,044 + 0,567 + 0,005) = 0,754;$$

$$Mn_{ш(\Sigma PK')} = 0,8 - (0,12 + 0,132 + 0,258 + 0,187) = 0,103;$$

$$P_{ш(\Sigma PK')} = 0,15 - (0,03 + 0,011 + 0,045 + 0,0007) = 0,063;$$

					ФЛ61.61401.1110.0000 ПЗ	Арк.
						45
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$S_{ш(\Sigma ПК')} = 0,2 - (0,001 + 0,011 + 0,063 + 0,000006) = 0,125;$$

Розрахунковий середній арифметичний хімічний склад сумарної маси первинних чавунів:

$$C_{к(\Sigma ПК')} = 1,663 \cdot (100 : 34,8) = 5,79\%;$$

$$Si_{к(\Sigma ПК')} = 0,754 \cdot (100 : 34,8) = 2,62\%;$$

$$Mn_{к(\Sigma ПК')} = 0,103 \cdot (100 : 34,8) = 0,35\%;$$

Вміст кожного з обраних первинних елементів чавунів у шихті, який треба розрахувати, позначено умовними невідомими величинами ХЛ, УЛ, ЗП.

Середньоарифметичний вміст вуглецю, кремнію і марганцю у кожній марці чавуну згідно до ДСТУ 3132-95 і ДСТУ 3133-95.

$$ХЛ_{(Л2П)} : 3,75\%C; 3,0\%Si; 0,40\%Mn;$$

$$УЛ_{(Л4У)} : 3,95\%C; 2,20\%Si; 1,20\%Mn;$$

$$ЗП_{(П1Ш)} : 4,25\%C; 1,05\%Si; 0,70\%Mn.$$

Система балансних рівнянь з трьома невідомими ХЛ, УЛ і ЗП.

$$\begin{cases} ХЛ + УЛ + ЗП = 34,8; \\ 3ХЛ + 2,2УЛ + 1,05ЗП = 0,754 \cdot 100; \\ 0,4ХЛ + 1,2УЛ + 0,7ЗП = 0,103 \cdot 100; \end{cases}$$

$$\begin{cases} ХЛ + УЛ + ЗП = 34,8; \\ 3ХЛ + 2,2УЛ + 1,05ЗП = 75,4; \\ 0,4ХЛ + 1,2УЛ + 0,7ЗП = 10,3; \end{cases}$$

Рішення системи рівнянь за допомогою визначників:

$$\Delta = \begin{vmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 3 & 2,2 & 1,05 & 3 & 2,2 \\ 0,4 & 1,2 & 0,7 & 0,4 & 1,2 \end{vmatrix}$$

$$\Delta_{ХЛ} = \begin{vmatrix} 34,8 & 1 & 1 & 34,8 & 1 \\ 75,4 & 2,2 & 1,05 & 75,4 & 2,2 \\ 10,3 & 1,2 & 0,7 & 10,3 & 1,2 \end{vmatrix}$$

$$\Delta_{УЛ} = \begin{vmatrix} 1 & 34,8 & 1 & 1 & 34,8 \\ 3 & 75,4 & 1,05 & 3 & 75,4 \\ 0,4 & 10,3 & 0,7 & 0,4 & 10,3 \end{vmatrix}$$

					ФЛ61.61401.1110.0000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		46

$$\Delta Z\Pi = \begin{vmatrix} 1 & 1 & 34,8 & 1 & 1 \\ 3 & 2,2 & 75,4 & 3 & 2,2 \\ 0,4 & 1,2 & 10,3 & 0,4 & 1,2 \end{vmatrix}$$

$$\Delta = 0,4 \cdot 2,2 + 1,2 \cdot 1,05 + 0,7 \cdot 3 - 2,2 \cdot 0,7 - 1,05 \cdot 0,4 - 3 \cdot 1,2 = -1,32;$$

$$\Delta XЛ = 10,3 \cdot 2,2 + 1,2 \cdot 1,05 \cdot 34,8 + 0,7 \cdot 75,4 - 34,8 \cdot 2,2 \cdot 0,7 - 1,05 \cdot 10,3 - 75,4 \cdot 1,2 = -53,57;$$

$$\Delta YЛ = 75,4 \cdot 0,4 + 34,8 \cdot 1,05 \cdot 0,7 + 3 \cdot 10,3 - 0,7 \cdot 75,4 - 10,3 \cdot 1,05 - 0,4 \cdot 3 \cdot 34,8 = -18,7;$$

$$\Delta Z\Pi = 0,4 \cdot 2,2 \cdot 34,8 + 1,2 \cdot 75,4 + 10,3 \cdot 3 - 2,2 \cdot 10,3 - 75,4 \cdot 0,4 - 34,8 \cdot 3 \cdot 1,2 = -26,09;$$

$$XЛ = \frac{\Delta XЛ}{\Delta} = \frac{-53,57}{-1,32} = 19,7\%;$$

$$YЛ = \frac{\Delta YЛ}{\Delta} = \frac{-18,7}{-1,32} = 14,2\%;$$

$$Z\Pi = \frac{\Delta Z\Pi}{\Delta} = \frac{-26,09}{-1,32} = 19,7\%;$$

Дані розрахунків занесено до таблиці 5.12.

					ФЛ61.61401.1110.0000 ПЗ	Арк.
						47
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Змін.	
Арк.	
№ док-м.	
Підпис	
Дата	
ФЛ61.61401.1110.0000 ПЗ	
Арк.	48

Таблиця 5.12 – Розрахункові дані по шихтовим матеріалам та склад шихти.

Найменування	Позначення	Масова частка компонента у шихті		Масова частка, %									
				вуглецю		кремнію		марганцю		фосфору		сірки	
		кг	%	C _к	C _ш	Si _к	Si _ш	Mn _к	Mn _ш	P _к	P _ш	S _к	S _ш
Придатне литво	ПЛ	697000		3,40		1,80		0,80		0,15		0,20	
Шихта розрахункова	ШР		100,0		3,26		1,89		0,86		0,15		0,21
Звор. Власного вир.	ЗВ	209100	30,0	3,40	0,98	1,80	0,57	0,80	0,26	0,15	0,05	0,20	0,06
Сталевий брухт	СБ	104550	15,0	0,20	0,04	0,20	0,04	0,60	0,13	0,05	0,01	0,05	0,01
Чавунний брухт	ЧБ	139400	20,0	3,55	0,71	2,15	0,43	0,60	0,12	0,15	0,03	0,12	0,01
Вторинні компоненти	ЗВ+ЧБ+СБ		65,0		1,732		1,04		0,51		0,09		0,08
Первинні компоненти	ПК		35,0	4,37	1,53	2,43	0,85	1,00	0,35	0,18	0,06	0,36	0,13
феромарганець	ФМ	1743	0,25	2,00	0,005	2,00	0,005	75,00	0,187	0,35	0,00	0,03	0,00
Вторинні компаненти і феромарганець	ЗВ+ЧБ+СБ+ФМ		65,25		1,73		0,84		0,16		0,06		0,13
Первинні компоненти без феромарганцю	ПК=ХЛ+УЛ+ЗП		34,8	4,38	1,52	2,43	0,84	0,47	0,16	0,18	0,06	0,36	0,13
Чавун ливарний (Л4)	ХЛ	985	19,7	3,95	0,09	2,20	0,05	0,40	0,01	0,12	0,00	0,03	0,00
Чавун ливарний (Л4)	УЛ	225	14,2	3,95	0,18	2,20	0,10	0,70	0,03	0,12	0,01	0,03	0,00
Чавун переробний (ПЛ2)	ЗП	20	19,7	4,35	0,02	0,70	0,00	0,07	0,00	0,12	0,00	0,03	0,00
Первинні чавуни	ХЛ+УЛ+ЗП		53,6		0,29		0,15		0,04		0,01		0,00
Шихта фактична	ШФ	7050			3,26		1,89		0,86		0,15		0,21
Похибка	ШФ-ШР				0,00		0,00		0,00		0,00		0,00

5.13 Фінішні операції

Температура вибивання виливка 200...300 °С [5].

Термічне оброблення виливка – нормалізація [5].

Фінішне оброблення виконується: у дробометній камері. Виливки завантажують на стіл дробометної камери після чого закривають її та вмикають дробомет [5].

Після цього цикл повторюється.

5.13 Техніко-економічні показники

Розраховуємо об'єм формувальної суміші в опоці:

$$V_{\Phi C} = V_{\Phi} - n_B \cdot (V_B + V_{LC} + V_{CT}) \quad (5.9)$$

де V_{Φ} – об'єм форми, m^3 ;

V_B – об'єм виливка, m^3 ;

V_{LC} – об'єм ливникової системи, m^3 ;

V_{CT} – об'єм стрижня

n_B – кількість виливків, шт.

$$V_{\Phi} = S_{OP} \cdot h_{OP}, \quad (5.10)$$

де S_{OP} , h_{OP} – площа та висота верхньої і нижньої опоки;

$$V_{\Phi} = 2,1 \cdot 0,5 = 1,05 m^3;$$

$$V_B = \frac{544}{7000} = 0,08 m^3;$$

$$V_{LC} = \frac{54,4}{7000} = 0,008 m^3;$$

$$V_{CT1} = 3,14 \cdot 0,1 \cdot 0,225 = 0,007 m^3;$$

$$V_{CT2} = 0,093 \cdot 0,225 = 0,021 m^3;$$

$$\Sigma V_{CT2} = 0,021 \cdot 6 = 0,126 m^3;$$

$$V_{\Phi C} = 1,05 - 1 \cdot (0,08 + 0,008 + 0,007 + 0,126) = 0,83 m^3.$$

					ФЛ61.61401.1110.0000 ПЗ	Арк.
						49
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Визначаємо масу формувальної суміші на одну ливарну форму:

$$M_{\text{СУМ}}^{\Phi} = 0.83 \cdot 1600 = 1328 \text{ кг}$$

Визначаємо масу формувальної суміші на одну тонну литва:

$$M_{\text{СУМ}} = \frac{1328 \cdot 1000}{600} = 2213 \frac{\text{кг}}{\text{т}}.$$

Визначаємо масу стрижневої суміші на одну ливарну форму:

$$M_{\text{СУМ}}^{\text{С}} = (0,007 + 0,126) \cdot 1700 = 226 \text{ кг};$$

Визначаємо масу формувальної суміші на одну тонну литва:

$$M_{\text{СУМ}}^{\text{С}} = \frac{226 \cdot 1000}{600} = 376 \frac{\text{кг}}{\text{т}}.$$

Технологічний вихід придатного:

$$\text{ВП}_{\text{ТЕХ.}} = \frac{G_{\text{В}}}{G_{\text{В}} + G_{\text{ЛС}}} \cdot 100 \%,$$

де $G_{\text{В}}$ - маса металу вилівка, кг;

$G_{\text{ЛС}}$ - маса ливникової системи, кг;

$G_{\text{Н}}$ - маса надливів, кг;

$$\text{ВП}_{\text{ТЕХ.}} = \frac{544}{544 + 54,4} \cdot 100 \% = 90 \, \%.$$

Металургійний вихід придатного:

$$\text{ВП}_{\text{МЕТ}} = \frac{(100 - Y) \cdot (100 - B) \cdot (100 - B) \cdot \text{ВП}_{\text{ТЕХ.}}}{1000000},$$

де $Y = 2 \, \%$ - угар чавуну при плавці в індукційній печі;

$B = 1,5 \, \%$ - безповоротні втрати;

$B = 2 \, \%$ - брак литва;

$$\text{ВП}_{\text{МЕТ}} = \frac{(100 - 2) \cdot (100 - 1,5) \cdot (100 - 2) \cdot 90}{1000000} = 85\%.$$

Знаючи металургійний вихід придатного литва ми можемо розрахувати масу металозавалки на 1 тону придатного литва:

$$M_{\text{МЗ}} = \frac{1000 \cdot 100\%}{\text{ВП}_{\text{МЕТ}}}$$

					ФЛ61.61401.1110.0000 ПЗ	Арк.
						50
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$M_{МЗ} = \frac{1000 \cdot 100\%}{85} = 1176 \frac{\text{кг}}{\text{тонну}}.$$

5.14 Розрахунок піднімальної сили

Загальну піднімальну силу металу, яка діє на верхню півформу, розраховуємо за наступною формулою:

$$P_{\Sigma} = k \cdot F_{ВПФ} + P_{СТ} + P_{ЛС} - (G_{ВПФ} + G_{СТ}), \quad (5.11)$$

де k - коефіцієнт, який враховує гідравлічний удар у момент закінчення заливання: $k = 1,4$;

$F_{ВПФ}$ - сила тиску рідкого металу на верхню півформу в порожнині ливарної форми, Н;

$G_{ВПФ}$ - вага верхньої півформи, Н;

$P_{СТ}$ - Архімедова сила, яка діє на i -й стрижень, Н;

$G_{СТ}$ - вага i -го стрижня, Н;

$P_{ЛС}$ - сила тиску на верхню півформу в ливниковій системі, Н.

Складові формули розраховуємо за наступною методикою:

$$F_{ВПФ} = V_{ТТ} \cdot n_{В} \cdot \rho_{М} \cdot g, \quad (5.12)$$

де $V_{ТТ}$ - об'єм тіла тиску, м^3 ;

$\rho_{М}$ - щільність рідкого металу, $\text{кг}/\text{м}^3$;

$n_{В}$ - кількість виливків у формі;

$g=9,81 \text{ м}/\text{с}^2$ - прискорення земного тяжіння;

$$F_{ВПФ} = 0,025 \cdot 1 \cdot 7000 \cdot 9,81 = 1716 \text{ Н}.$$

Розраховуємо вагу верхньої півформи:

$$G_{ВПФ} = (M_{ОП} + M_{СУМ}) \cdot g, \quad (5.13)$$

де $M_{ОП}$ - маса верхньої опоки, кг;

$M_{СУМ}$ - маса суміші у верхній півформі:

$$M_{СУМ} = (S_{ОП} \cdot h_{ОП} - V_{В} \cdot n_{В}) \cdot \rho_{СУМ}, \quad (5.14)$$

					ФЛ61.61401.1110.0000 ПЗ	Арк.
						51
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

де S_{OP} - площа верхньої опоки, m^2 ;

V_B - частина об'єму вилівка та стрижнів, що знаходиться у верхній півформі, m^3 ;

n_B - кількість виливків у формі;

ρ_{SUM} - щільність формувальної суміші, kg/m^3 .

$$M_{SUM} = (2,1 \cdot 0,25 - 0,085 \cdot 1) \cdot 1600 = 704 \text{ кг.}$$

$$G_{BPF} = (656 + 704) \cdot 9,81 = 13328 \text{ Н.}$$

Розраховуємо піднімальну силу, що діє на стрижні:

$$P_{CT} = n \cdot (V_{CT}^A \cdot \rho_M \cdot g - V_{CT} \cdot \rho_{SUM} \cdot g), \quad (5.15)$$

де n - кількість однакових стрижнів, шт.;

V_{CT}^A - об'єм стрижня який знаходиться під дією піднімальної сили, m^3 ;

ρ_M - щільність рідкого металу, kg/m^3 ;

V_{CT} - загальний об'єм стрижня, m^3 ;

ρ_{SUM} - щільність стрижневої суміші, kg/m^3 ;

$g=9,81 \text{ м/с}^2$ - прискорення земного тяжіння;

$$P_{CT} = 6 \cdot (0,019 \cdot 7000 \cdot 9,81 - 0,12 \cdot 1650 \cdot 9,81) = -1464 \text{ Н.}$$

Розраховуємо піднімальну силу яка діє в ливниковій системі:

$$P_{LC} = S_{LC} \cdot H_0 \cdot \rho_M \cdot g, \quad (5.16)$$

де S_{LC} - площа горизонтальної проекції ливникової системи, m^2 ;

H_0 - металостатичний напір, м;

$$P_{LC} = 0,041 \cdot 0,25 \cdot 7000 \cdot 9,81 = 703 \text{ Н.}$$

Загальна піднімальна сила становить:

$$P_{\Sigma} = 1,4 \cdot 1716 - 1464 + 703 - 13328 = -11686 \text{ Н.}$$

Навантаження верхньої півформи не потрібне

					ФЛ61.61401.1110.0000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		52

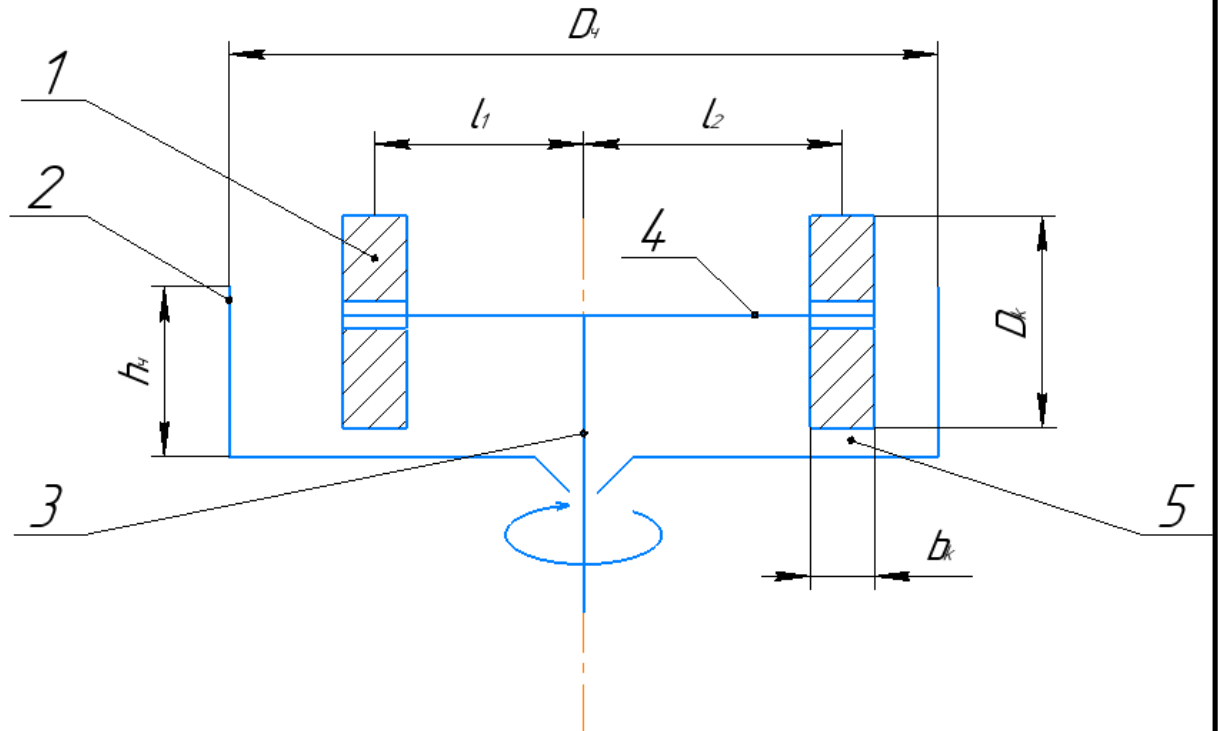
6 ПРОЕКТУВАННЯ ЛИВАРНОГО УСТАТКУВАННЯ

6.1 Загальний опис коткового змішувача

Змішувач періодичної дії з вертикально-обертливими котками призначений для приготування формувальних та стрижневих піщано-глинястих сумішей.

Подібні змішувачі широко використовують при серійному та дрібносерійному виробництві в більшості ливарних цехів.

На рисунку 6.1 приведено схему змішувача.



1 – коток; 2 – чаша; 3 – вертикальний вал; 4 – траверса; 5 – зазор між котком та дном чаші; $D_ч$ – діаметр чаші, м; $b_к$ – ширина котка, м; l_1 і l_2 – відстань між котком та віссю змішувача, м; $h_ч$ – висота чаші, м; $D_к$ – діаметр котка, м.

Рисунок 6.1 – Розрахункова схема коткового змішувача з вертикально-обертливими котками.

					ФЛ61.61401.1110.0000 ПЗ		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	<div>ПРОЕКТУВАННЯ</div> <div>ЛИВАРНОГО</div> <div>УСТАТКУВАННЯ</div>		
Розроб.	Заярний Д. В.						
Перевір.	Лютій Р. В.						
Реценз.	П.І.Б.						
Н. Контр.	П.І.Б.						
Затверд.	П.І.Б.						
					Літ.	Арк.	Акрушів
						53	87
					КПІ ім. І. Сікорського ІФФ, ЛВЧКМ, ФЛ-61-1		

6.2 Визначення діаметру чаші змішувача

Діаметр чаші змішувача визначаю за наступною формулою [17]:

$$D_{\text{ч}} = 0,85 \sqrt{\frac{4 V_3}{\pi(h_1 + h_2)}}, \text{ м} \quad (6.1)$$

де $D_{\text{ч}}$ – діаметр чаші змішувача, м;

V_3 – об’єм замісу, м^3

h_1 – шар суміші між котком та дном чаші, м.

Значення h_1 обираємо відповідно [1], що становить $h_1 = 0,02 \dots 0,025$ м.

Тому приймаємо $h_1 = 0,02$ м. h_2 – шар суміші, який затягується під коток, м.

Значення h_2 обираємо згідно [___], яке складає $h_2 = 0,06 \dots 0,08$ м. Приймаємо $h_2 = 0,075$ м.

Підставивши відомі дані у формулу маємо [17]:

$$D_{\text{ч}} = 0,85 \sqrt{\frac{4 * 0,5}{3,14 * (0,02 + 0,075)}} = 2200 \text{ мм} = 2,2 \text{ м.}$$

4.1.2. Визначення висоти чаші змішувача

Висота чаші змішувача вибирається з умови зручності його обслуговування. $H_{\text{ч}} = 0,7 \dots 0,8$, м – для чаш відкритого типу, $H_{\text{ч}} = 0,4 \dots 0,5$, м – для чаш закритого типу. Згідно рекомендацій обираємо $H_{\text{ч}} = 0,5$ м.

6.3. Визначення розмірів котків змішувача

Діаметр котка визначається за наступною формулою [17]:

$$D_k = (11 \dots 12)h_2, \text{ м} \quad (6.2)$$

де D_k – діаметр котка, м;

h_2 – шар суміші між котком та дном чаші, м.

Підставивши дані значення у формулу маємо:

$$D_k = 12 * 0,075 = 0,9 \text{ м} = 900 \text{ мм.}$$

					ФЛ61.61401.1110.0000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		54

Ширина котка визначається за формулою [17]:

$$b_k = \left(\frac{1}{3.25} \dots \frac{1}{5} \right) D_k, \text{ м} \quad (6.3)$$

де b_k – ширина котка, м;

D_k – діаметр котка, м;

Підставивши значення у формулу (6.3) маємо:

$$b_k = \frac{1}{3,6} * 0,9 = 0,25 \text{ м} = 250 \text{ мм.}$$

4.3 Визначення маси котка

Масу котка визначається за наступною формулою [17]:

$$G_k = g b_k, \text{ кг} \quad (6.4)$$

де G_k – маса котка, кг;

g – допустиме навантаження на одиницю ширини котка, кг/см. Воно вибирається з таблиці (табл. 6.1)

b_k – ширина котка, см.

Таблиця 6.1 – Залежність допустимого навантаження від об'єму замісу суміші.

$V_3, \text{ м}^3$	0,25	0,40	0,60	1,0	1,25	1,6
$g, \text{ кг/см}$	20	25	32	40	56	80

Оскільки задане значення відсутнє в таблиці, вибираю середнє між 0,40 та 0,60. А саме:

$$g = (25+32)/2 = 28.5 \approx 29, \text{ кг/м.}$$

Отримані значення підставляємо у формулу 6.4:

$$G_k = 29 * 25 = 725, \text{ кг.}$$

6.4. Визначення числа обертів котка

Число обертів котка визначаю за наступною формулою [17]:

$$n_k = \frac{60 * V_k}{\pi * D_k}, \quad (6.5)$$

де n_k – число обертів котка, об/хв;

V_k – окружна швидкість котка, м/с;

Згідно з конспектом лекцій значення окружної швидкості має знаходитись в межах $V_k = 1,4 \dots 2,2$ м/с, приймаю $V_k = 1,72$ м/с.[3]

D_k – діаметр котка, м;

Підставляю необхідні дані у формулу і маю:

$$n_k = \frac{60 * 1,72}{3,14 * 0,9} = 36,5, \frac{\text{об}}{\text{хв}}.$$

6.5. Визначення числа обертів вертикального валу

Число обертів вертикального валу можна визначити за наступною формулою [17]:

$$n_v = n_k \frac{D_k}{D_c}, \quad (6.6)$$

де n_v – число обертів вертикального валу, об/хв;

n_k – число обертів котка, об/хв;

D_k – діаметр котка, м;

D_c – середній діаметр доріжки кочіння котків, м;

Середній діаметр доріжки кочіння котка можна визначити за формулою:

$$D_c = \frac{2l_1 + 2l_2}{2} = l_1 + l_2, \text{ м} \quad (6.7)$$

де D_c – середній діаметр доріжки кочіння котків, м;

					ФЛ61.61401.1110.0000 ПЗ	Арк.
						56
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Відстань між внутрішнім котком та вертикальною віссю змішувача визначається за формулою [17]:

$$l_1 = b_k + 0,5, \text{ м} \quad (6.8)$$

де l_1 – відстань між внутрішнім котком та віссю змішувача, м;

b_k – ширина котка, м.

Підставивши у формулу (6.8) значення матимемо:

$$l_1 = 0,25 + 0,5 = 0,75, \text{ м}$$

Відстань між зовнішнім котком та вертикальною віссю змішувача визначається за формулою:

$$l_2 = (1,15 \dots 1,25)l_1 \quad (6.9)$$

де l_1 і l_2 – відстань між внутрішнім і зовнішнім котками, відповідно та віссю змішувача, м;

Підставляємо дані у формулу (6.9) і маємо:

$$l_2 = 1,22 * 0,75 = 0,915, \text{ м}$$

Середній діаметр (доріжка кочення) визначається на наступною формулою[17]:

$$D_c = l_1 + l_2 \quad (6.10)$$

де D_c – середній діаметр (доріжка кочення), м;

l_1 і l_2 – відстань між внутрішнім і зовнішнім котками, відповідно та віссю змішувача, м;

Підставляємо отримані значення у формулу і маємо:

$$D_c = 0,75 + 0,915 = 1,665 \approx 1,7, \text{ м.}$$

Підставляємо отримані значення у формулу (4.6) і маємо:

$$n_b = 36,5 * \frac{0,9}{1,7} = 19,06/\text{хв}$$

					ФЛ61.61401.1110.0000 ПЗ	Арк.
						57
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

6.6. Розрахунок потужності електродвигуна змішувача

Потужність електродвигуна визначають за формулою[17]:

$$N = N_{x.x} + (N_{\text{коч}} + N_{\text{ск}} + N_{\text{пл}}) * \frac{1}{\eta}, \quad (6.11)$$

де N - Потужність електродвигуна, кВт;

$N_{x.x}$ – потужність холостого ходу, кВт;

Відповідно рекомендаціям $N_{x.x} = 2,5 \dots 3,5$, кВт. Приймаємо

$N_{x.x} = 3,0$ кВт.

$N_{\text{коч}}$ – потужність яка витрачається на перекочування по шару суміші, кВт;

Потужність, яка витрачається на перекочування котків по шару суміші, можна визначити за формулою[17]:

$$N_{\text{коч}} = G_k \frac{2(l_1 + l_2)}{D_k * 102} * a * \omega, \quad (6.12)$$

де $N_{\text{коч}}$ - потужність яка витрачається на перекочування по шару суміші, кВт;

G_k - маса котка, кг;

D_k – діаметр котка, м;

a – приведене плече сил реакції суміші.

Приведене плече сили реакції суміші визначається за формулою[17]:

$$a = h * \lambda, \quad (6.13)$$

де a – приведене плече сил реакції суміші, м;

h - загальна висота суміші, м;

λ – безрозмірний коефіцієнт який залежить від міцності суміші;

$$\lambda = 0,8 + 3,2 * G = 0,8 + 3,2 * 0,35 = 1,88$$

$$a = 0,02 + 0,75 * 1,88 = 0,179$$

ω – кутова швидкість обертання вертикального валу, с^{-1} .

$$\omega = \frac{\pi * n_B}{30}, \text{с}^{-1}$$

$$\omega = \frac{3,14 * 19}{30} = 2,0. \text{с}^{-1}$$

					ФЛ61.61401.1110.0000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		58

За формулою (6.12):

$$N_{\text{коч}} = 725 * \frac{2(0,75 + 0,915)}{0,9 * 102} * 0,179 * 2 = 9,41 \text{ кВт}$$

Потужність, яка витрачається на сковзання котків по шару суміші, визначається за формулою [17]:

$$N_{\text{ск}} = f \frac{G_k * b_k * \omega}{2 * 102} \quad (6.14)$$

де $f = 0,2 \dots 0,7$ при $W = 3 \dots 8 \%$. Вибираємо $f = 0,35$;

G_k – маса котка, кг;

b_k – ширина котка, м.;

ω – кутова швидкість, с^{-1} ;

$$N_{\text{ск}} = 0,35 * \frac{725 * 2,5 * 2}{2 * 102} = 6,2 \text{ кВт.}$$

$N_{\text{пл}}$ – потужність на переміщення плужків, яка в свою чергу рахується за наступною формулою [17]:

$$N_{\text{пл}} = \frac{k * A * \omega^2 * G_3}{102} \quad (6.15)$$

де k – розрахунковий параметр, який враховує зміни опору суміші по довжині плужка. Даний параметр вибирається згідно формули:

$$k = 0,7 * 3 * 0,35 = 1,75;$$

A – геометричний параметр, який враховує кут нахилу та розміри плужків, даний параметр вибирається згідно рекомендацій, що вказані в методичних вказівках до виконання даної курсової роботи і становить $A = 0,11 \text{ м}^4$;

ω – кутова швидкість, с^{-1} ;

G_3 – маса замісу, кг.

Маса замісу розраховується за даною формулою [17]:

$$G_3 = \rho * V \quad (6.16)$$

де G_3 – маса замісу, кг;

ρ – густина речовини, кг/м^3 ;

V – об'єм замісу, м^3 .

					ФЛ61.61401.1110.0000 ПЗ	Арк.
						59
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Підставляємо дані у формулу і маємо:

$$G_3 = 1200 * 0.5 = 600, \text{ кг.}$$

Підставляємо дані у формулу (4.15) і маємо:

$$N_{\text{пл}} = \frac{1,75 * 0,11 * 2^2 * 600}{102} = 4,52 \text{ кВт.}$$

Коефіцієнт корисної дії приймаємо $\eta = 95 \%$ згідно рекомендацій.

За формулою (6.11) розраховуємо загальну потужність електродвигуна:

$$N = 3 + (9,4 + 6,2 + 4,52) * 0,95 = 22,8 \text{ кВт}$$

$$N_{\text{двигуна}} = K_3 * N$$

де K_3 – коефіцієнт запасу потужності, який дорівнює:

$$K_3 = 1 \dots 1,2 = 1,2.$$

$$N_{\text{двигуна}} = 1,2 * 22,8 = 27,5 \approx 28 \text{ кВт.}$$

Згідно каталогу обираємо наступний двигун технічні характеристики якого вказані у таблиці 6.2:

Таблиця 6.2 – Технічні характеристики двигуна моделі AIP180M2

Модель	AIP180M2
Частота обертів	3000, об/хв
Потужність	30, кВт
Напруга мережі	380/660, В
Корпус	Чавун
Ступінь захисту від пилу та вологи	IP55
Режим роботи	S1
Клас ізоляції обмотки	F

Всі технічні параметр трифазного електродвигуна AIP180M2 є типовими і відповідають стандарту ГОСТ 2479-79. Коефіцієнт корисної дії складає 91,4% - дуже гарний показник для електродвигуна середньої потужності.

Технічні характеристики змішувача вказані у таблиці 6.3.

Таблиця 6.3 – Технічні характеристики змішувача

Об'єм замісу, м ³	0,5
Частота обертання ротора, об/хв	19
Діаметр чаші, мм	2200
Висота чаші, мм	500
Діаметр котків, мм	900
Ширина котків, мм	250
Маса одного котка, кг	725
Мінімальний зазор між котком та дном чаші, мм	20
Кількість котків, од.	2
Кількість плужків, од.	3
Габаритні розміри машини, мм	2200×2200×1690
Діаметр чаші, мм	2200

					ФЛ61.61401.1110.0000 ПЗ	Арк.
						61
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

7 ОРГАНІЗАЦІЙНА ЧАСТИНА

7.1 Визначення капітальних вкладень в проект сумішоприготувального відділення цеху

Визначаємо необхідні капітальні вкладення методом розрахунку окремих елементів вкладень [18]:

$$K = K_0 + K_{\text{осн}} + K_{\text{інв}} + K_{\text{м}} \quad (7.1)$$

де K_0 – капіталовкладення в устаткування, грн;

$K_{\text{осн}}$ – капіталовкладення в оснащення, грн;

$K_{\text{інв}}$ – капіталовкладення в інвентар, грн;

$K_{\text{м}}$ – капіталовкладення у запаси матеріалів, напівфабрикатів, грн.

Вкладення у обладнання визначаємо за формулою 7.2 [18]:

$$K_0 = K_{\text{т}} + K_{\text{пт}} + K_{\text{е}} + K_{\text{уп}} \quad (7.2)$$

де $K_{\text{т}}$ – капіталовкладення у необхідне технологічне устаткування;

$K_{\text{пт}}$ – капіталовкладення у піднімально-транспортне устаткування;

$K_{\text{е}}$ – капіталовкладення в енергоустаткування;

$K_{\text{уп}}$ – капіталовкладення у засоби контролю та управління.

Витрати на придбання, доставку і встановлення одиниць необхідного устатковування розраховують за допомогою формули 7.3 [18]:

$$K = C(a_{\text{т}} + a_{\text{б}} + a_{\text{м}}), \quad (7.3)$$

де C – договірна ціна одиниці устатковування, грн.;

$a_{\text{т}}$ – коефіцієнт транспортно-заготівельних витрат на устаткування (0,05...0,1);

$a_{\text{б}}$ – коефіцієнт, що враховує будівельні роботи (0,02...0,08);

$a_{\text{м}}$ – коефіцієнт, що враховує витрати на монтажні роботи (0,05...0,1).

					ФЛ61.61401.1110.0000 ПЗ		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ОРГАНІЗАЦІЙНА ЧАСТИНА		
Розроб.		Заярний Д. В.					
Перевір.		Лютин Р. В.					
Реценз.		П.І.Б.					
Н. Контр.		П.І.Б.					
Затверд.		П.І.Б.					
					Літ.	Арк.	Аркушів
						62	87
					КПІ ім. І. Сікорського ІФФ, ЛВЧКМ, ФЛ-61-1		

Розрахунок капіталовкладень у сумішоприготувальне відділення наведений у таблиці 7.1.

Таблиця 7.1 – Розрахунок капіталовкладень в технологічне обладнання у сумішоприготувальному відділенні

Найменування устаткування	Кількість, шт	Вартість за одиницю, грн	Загальна вартість, грн	Витрата на монтаж, грн	Всього, грн
Котковий змішувач	2	400 000	800 000	5 000	805 000
Стрічковий конвеєр	18	30 000	540 000	8 000	548 000
Циліндричний бункер	2	15 000	30 000	1 000	31 000
Прямокутний бункер №1	6	17 000	102 000	1 000	103 000
Прямокутний бункер №2	2	12 000	24 000	1 000	25 000
Елеватор	8	50 000	400 000	4 000	404 000
Магнітний сепаратор	2	200 000	400 000	1 000	401 000
Полігональне сито	3	50 000	150 000	1 000	151 000
Мостовий кран	1	300 000	300 000	8 000	308 000
Дозатори	4	5 000	20 000	500	20 500
Лабораторне устаткування	1	500 000	500 000	5 000	505 000
ВСЬОГО					3 301 500

Вартість обігового фонду оснастки та інструменту в загальному вигляді визначається з розрахунку 9 грн. на одиницю придатного литва відповідно до формули 7.4 [18]:

$$K_{\text{осн}} = 9 \cdot n_{\text{заг}}, \quad (7.4)$$

де $n_{\text{заг}}$ – загальна кількість виливок на рік, шт.

Підставляємо дані у формулу 7.4 та маємо:

$$K_{\text{осн}} = 9 \cdot 1473 = 13257 \text{ грн.}$$

					ФЛ61.61401.1110.0000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		63

Вартість виробничого та господарчого інвентарю приймаємо в розмірі 3% від вартості устаткування [18]:

$$K_{\text{інв}} = 3301500 \cdot 0,03 = 99045 \text{ грн.}$$

Капіталовкладення у запаси матеріалів розраховуємо за формулою 7.5 [18]:

$$K_{\text{м}} = \sum M_i \cdot C_i \cdot K_i, \quad (7.5)$$

де M_i – середня кількість запасів матеріалів i -го типу, т;

C_i – оптова ціна матеріалу i -го типу, грн.;

K_i – коефіцієнт, що враховує транспортно-заготівельні витрати на придбання матеріалу i -го типу.

Розрахунок капіталовкладень у запаси, що необхідні у сумішоприготувальному відділенні, приведений у таблиці 7.2.

Таблиця 7.2 – Визначення капіталовкладень у запаси матеріалів для сумішоприготувального відділення.

Найменування матеріалу	Кількість на 1 т литва, кг	Величина запасу, т	Планова ціна, грн./т	Вартість мінімального запасу, грн.
Оборотна суміш	2090	170	600	102 000
Кварц пилоподібний	110	20	1500	30 000
Каолінова глина П-2	25	5	4000	20 000
ВСЬОГО				152 000

Загальну суму капіталовкладень визначаємо за формулою 7.1.

$$K = 3\,301\,500 + 13\,527 + 99\,045 + 152\,000 = 3\,566\,072 \text{ грн.}$$

7.2 Визначення чисельності робітників та витрат на заробітну плату

Із трудомісткості виробничих операцій, які здійснюються на дільниці визначаємо кількість основних працівників кожної з професій. Чисельність

					ФЛ61.61401.1110.0000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		64

основних виробничих працівників приведено у таблиці %3, допоміжних працівників у таблиці 7.4.

Витрати на заробітну плату робітників складаються з основної та додаткової заробітної плати з відрахуванням на соціальні потреби. Дані нарахування складають 22% від загального річного фонду заробітної плати.

Розрахунок загального фонду заробітної плати проводимо наступним чином: спочатку визначаємо основний і додатковий фонди заробітної плати.

Основний фонд заробітної плати за рік для працівників за професіями і розрядами розраховується за формулою [18]:

$$З = N \cdot \Phi \cdot C, \quad (7.5)$$

де N – число основних робітників даної професії та розряду, чол.;

Φ – ефективний фонд часу роботи одного робітника за рік, год;

C – годинна тарифна ставка, грн.

Розмір премій приймаємо 30% від фонду основної заробітної плати.

Розмір додаткового фонду визначаємо, як суму всіх перерахованих виплат.

У таблиці 7.3 наведено також результат розрахунку заробітної плати.

Таблиця 7.3 – Розрахунок заробітної плати та чисельність основних виробничих працівників.

Найменування професії	Розряд	Погодинна ставка, грн	Чисельність робітників, осіб	Плановий фонд робочого часу	Фонд основної зарплати, грн	Фонд додаткової заробітної плати, грн	Загальний фонд заробітної плати
Сумішоприготувальник	4	38,21	4	1840	281225,6	84367,7	365593,3
Оператор сепаратора	3	34,08	4	1840	250828,8	75248,7	326077,5
Оператор полігонального сита	3	34,08	4	1840	250828,8	75248,7	326077,5
Лаборант	5	43,34	2	1840	159491,2	47847,3	207338,5
Допоміжні робітники	3	34,08	4	1840	250828,8	75248,7	326077,5
РАЗОМ			18				1545164,3

					ФЛ61.61401.1110.0000 ПЗ		Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			65

Таблиця 7.4 – Розрахунок фондів заробітної плати управлінського персоналу

Посада	Кількість осіб	Місячний оклад, грн	Річний фонд заробітної плати, грн
Начальник	1	17000	204000
Майстер зміни	2	14000	168000
Разом			372000

7.3 Визначення сукупних витрат сумішоприготувального відділення.

Витрати на електроенергію визначаємо, виходячи із вартості 1 кВт-год електроенергії, що дорівнює 2,21 грн/кВт-год.

$$C_e = 688380 \cdot 2,21 = 1521319,8 \text{ грн}$$

Вартість води визначаємо з розрахунку 22,92 грн. за 1 м³:

$$C_v = 22,92 \cdot 23423,8 = 536873,5 \text{ грн.}$$

Витрати на утримання і експлуатацію устаткування приймаються в розмірі 10% від його балансової вартості:

$$P_{\text{утр}} = 0,1 \cdot 3301500 = 330150 \text{ грн.}$$

Витрати на ремонт оснастки та інвентарю складають 25% від їх вартості:

$$P_{\text{р.осн.буд.}} = 0,25 \cdot (3301500 + 99045) = 850136 \text{ грн.}$$

Величина транспортних витрат складає 60 грн. на 1 т придатного литва:

$$P_{\text{тр}} = 60 \cdot 10000 = 600000 \text{ грн.}$$

Величина амортизаційних відрахувань визначається згідно з утвердженими нормами амортизацій. Даний розрахунок наведений у таблиці 7.5.

Амортизаційні відрахування на оснастку та інвентар визначають згідно норм і складають 24% від їх вартості:

$$A_{\text{інв}} = 0,24 \cdot (3301500 + 99045) = 816130 \text{ грн.}$$

Витрати на дослідження, експерименти та випробування приймаємо у розмірі 400 грн. на одного працівника:

$$P_{\text{досл}} = 400 \cdot 21 = 8400 \text{ грн.}$$

					ФЛ61.61401.1110.0000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		66

Витрати на винахідництво і раціоналізацію приймаємо 300 грн. на одного працюючого:

$$P_{\text{рац}} = 300 \cdot 21 = 6300 \text{ грн.}$$

Витрати на охорону праці та техніку безпеки визначають з розрахунку 500 грн. на одного працюючого:

$$P_{\text{охор}} = 500 \cdot 21 = 10500 \text{ грн.}$$

Інші невраховані витрати можна вважати рівними 1% від загальної суми врахованих загальноновиробничих витрат по дільниці:

$$P_{\text{невр}} = 0,01 \cdot 3301500 = 33015 \text{ грн.}$$

Таблиця 7.5 – Визначення сукупних витрат сумішоприготувального відділення.

Найменування витрати	Сума, грн
Заробітна плата	1 917 164, 3
Єдиний соціальний внесок	421 776, 1
Енергетичні витрати	
1 – електроенергія	1 521 319, 8
2 – вода	536 873, 5
Допоміжні матеріали:	
1 – матеріали для здійснення тех. процесу	152 000
2 – матеріали для експлуатації	35 000
3 – матеріали для дільничних потреб	68 000
Ремонт та утримання у робочому стані:	
1 – устаткування	82 5375
2 – інвентарю	24 761,25
Амортизація:	
1 – устаткування	792 360
2 – інвентарю та оснастки	27 770
Транспортні витрати	600 000
Витрати на дослідження, випробування	84 00
Витрати на охорону праці	10 500
Витрати на винахідництво та раціоналізацію	6 300
Канцелярські витрати	10 000
Інші витрати	33 015
Всього	6 982 298, 95

					ФЛ61.61401.1110.0000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		67

7.4 Розрахунок продуктивності праці у відділенні

Продуктивність праці розраховуємо як відношення обсягів виробництва придатного литва за рік до загальної чисельності персоналу дільниці [18]:

$$ПП = Q/n, \quad (7.6)$$

де Q – кількість придатного литва за рік, т;

n – загальна чисельність персоналу дільниці, особа.

$$ПП = \frac{1473}{21} = 70,14 \frac{\text{т}}{\text{особу}}.$$

7.5 Розрахунок показників економічної ефективності проектного рішення

Для порівняння варіантів технічних рішень застосовуємо такі показники економічної ефективності:

– трудомісткість продукції:

$$t = \frac{\chi_{\text{осн}} \cdot \Phi_{\text{плор}}}{Q} \quad (7.6)$$

де t – трудомісткість продукції, нормо · год /т;

$\chi_{\text{осн}}$ – чисельність основних робітників, осіб;

$\Phi_{\text{плор}}$ – плановий час роботи робітника за рік, год;

Q – плановий річний обсяг виробництва продукції, т.

$$t = \frac{19 \cdot 1840}{1473} = 23,73 \text{ нормо} \cdot \text{год/т}$$

У розрахунку періоду окупності немає жодної необхідності оскільки формувальна суміш, що виготовляється, не є предметом торгівлі.

					ФЛ61.61401.1110.0000 ПЗ	Арк.
						68
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

8 ОХОРОНА ПРАЦІ

Даний проект виконується на базі чавуноливарного цеху верстатобудівного заводу потужністю 10 тис. т. на рік. Об'єктом проектування є сумішоприготувальне відділення цеху, що використовується для приготування формувальної суміші для виготовлення ливарних форм.

8.1 Загальна характеристика умов праці у сумішоприготувальному відділенні.

Параметри відділення наведені у таблиці 8.1.

Таблиця 8.1 – Параметри сумішоприготувального відділення

№	Найменування	Основні характеристики	Кількість
Приміщення			
1	Параметри приміщення	24000 мм×18000 мм×10800 мм; S=432 м ² ; V=4665 м ³	-
2	Кількість працівників	1 зміна: 4 робітника та 1 майстер 2 зміна: 4 робітника та 1 майстер	10
3	Природне освітлення	Верхнє. 18000мм×2000мм	4
4	Штучне освітлення	Прожектор промисловий світлодіодний СДО 04-200 (SMD IP65 IEK)	24

В таблиці 8.2 наведено оснащення та обладнання приміщення.

					ФЛ61.61401.1110.0000 ПЗ						
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата							
Розроб.		Заярний Д. В.			ОХОРОНА ПРАЦІ			Літ.	Арк.	Акрушів	
Перевір.		Лютий Р. В.								69	87
Реценз.		П.І.Б.						КПІ ім. І. Сікорського ІФФ, ЛВЧКМ, ФЛ-61-1			
Н. Контр.		П.І.Б.									
Затверд.		П.І.Б.									

Таблиця 8.2 – Специфікація основного обладнання сумішоприготувального відділення

№	Найменування	Основні характеристики	Кількість	Позиція на кресленні
1	Котковий змішувач моделі 111М	-частота обертання ротора 19 об/хв; -маса одного котка 725 кг; -потужність електродвигуна 30 кВт -розміри D = 2200; h = 1690.	2	1
2	Полігональне сито S4318	-продуктивність 100 м ³ /год -потужність двигуна 7,5 кВт -діаметр барабану D _{бараб.} = 1800	2	5
3	Магнітний сепаратор ПСМ-2/1500×1500	-продуктивність до 200 т/год -фракція сепаруючого продукту до 100м	2	4

Реальні та нормативні характеристики приміщення і розміщення технологічного обладнання наведено в таблиці 3.

Таблиця 8.3 – Реальні та нормативні характеристики приміщення і розміщення технологічного обладнання

№	Параметр приміщення	Реальне значення	Нормативні значення
1	Площа на 1 працюючого[19]	86,4 м ²	4,5 м ²
2.	Об'єм на 1 працюючого[19]	933,12 м ³	15 м ³
3.	Мінімальна ширина проходу[19]	4 м	1,5 м

План сумішоприготувального відділення зображено на рисунку 8.1.

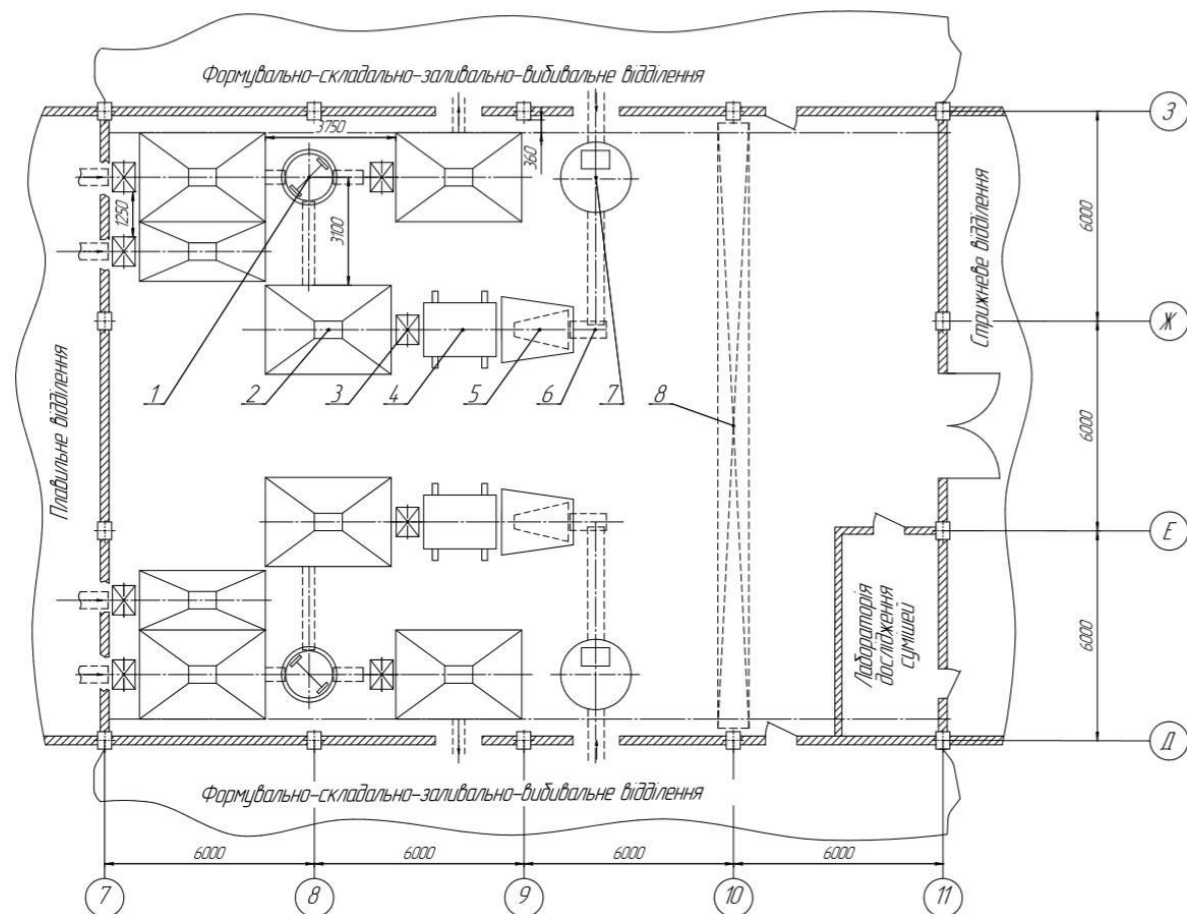


Рисунок 8.1 – План-схема сумішоприготувального відділення

8.2 Оцінка потенційних небезпек і шкідливих виробничих факторів

Основні небезпечні та шкідливі фактори за якими будуть створюватися заходи по усуненню небезпечних та шкідливих виробничих факторів наведені в таблиці 8.4.

Таблиця 8.4 – Основні небезпеки і шкідливі виробничі фактори

Види процесів	Шкідливі виробничі фактори		Небезпечні виробничі фактори
	Шкідливі речовини (пил)	Шум	Механізми і вироби, що рухаються
Приготування суміші	xx	xx	xx
Регенерація суміші	xx	xx	xx
Транспортування обладнання	-	x	xx

8.3 Шкідливі речовини

При приготуванні ПГС (піщано-глинястих сумішей) потрібно передбачити міри попереджуючі потрапляння шкідливих речовин в легені працівників. Основні хімічні небезпеки, реальні нормативні фактори, заходи забезпечення охорони праці наведені в таблицях 8.5, 8.6, 8.7.

Таблиця 8.5 – Джерела хімічних небезпек

№ п.п.	Найменування обладнання (оснащення)	Джерело небезпеки	Причини небезпеки	Наслідки небезпеки
1	Котковий змішувач моделі 111М	Змішувач та сито в роботі	Утворення кварцевого пилу	Професійне захворювання – силікоз
2	Полігональне сито S4318			

Таблиця 8.6 – Реальні та нормативні фактори небезпеки, що створюються в технологічному процесі

№ п.п.	Фактор небезпеки	Реальне значення	Нормативні значення
1	Запилення приміщення [20]	2,5 мг/м ³	1 мг/м ³

Таблиця 8.7 - Заходи забезпечення охорони праці в умовах конкретного технологічного процесу

№ п.п.	Група номенклатурних заходів з охорони праці	Вид заходу	Критерій вибору
1	Технічні	Застосування пиловідсмоктуючих пристосувань замість обдування форм	Зменшення розповсюдження пилу при використанні сита
			Зменшення розповсюдження пилу при приготуванні суміші
2.	Організаційні	Проведення контролю вмісту пилу у повітрі	Дотримання нормативних значень пилу та формальдегіду у повітрі
3.	Режимні	Недопущення сторонніх осіб та робочих без засобів індивідуального захисту на об'єкт	Захист від шкідливих речовин сторонніх осіб та робочих
4.	Експлуатаційні	Проведення профілактичних оглядів, ремонтів устаткування	Усунення розповсюдження шкідливих речовин через неполадки устаткування
5.	ЗІЗ	Распіратор "Мікрон" FFP3 [21]	Захист органів дихання від пилу
		Захисні рукавиці з повним двошаровим покриттям з нітрилу [22]	Захист рук суміші

Даний комплекс рішень приведе до зменшення впливу забруднення повітря на робітників та допоможе запобігти складнощів зі здоров'ям.

8.4 Шум

Джерелами шуму є коткові змішувачі та полігональні сита. Основні шумові небезпеки, реальні та нормативні фактори, заходи забезпечення охорони праці наведені в таблицях 8.8, 8.9, 8.10.

Таблиця 8.8 – Основні шумові небезпеки

№ п.п.	Найменування обладнання (оснащення)	Джерело небезпеки	Причини небезпеки	Наслідки небезпеки
1	Котковий змішувач моделі 111М	Шум при приготуванні та очищенні суміші	Обертання робочих частин машини	Порушення слуху
2	Полігональне сито S4318			

Таблиця 8.9 - Реальні та нормативні фактори небезпеки, що створюються в технологічному процесі

№ п.п.	Фактор небезпеки	Реальне значення	Нормативні значення
1	Рівень шуму [25]	100 дБА	80 дБА

Таблиця 8.10 - Заходи забезпечення охорони праці в умовах конкретного технологічного процесу

№ п.п.	Група номенклатурних заходів з охорони праці	Вид заходу	Критерій вибору
1	Технічні	Звукоізолюючий кожух	Зменшення шуму машини
2.	Організаційні	Щорічне проведення медогляду	Контроль стану здоров'я робочих
3.	Режимні	Обмеження допуску в робочі зони для тих, хто не пов'язаний з основним технологічним процесом	Захист осіб, не пов'язаних з даним технологічним процесом
4.	Експлуатаційні	Обмеження тривалості впливу	Відсутність постійного впливу шуму на робочих
5	ЗІЗ	Протишумні навушники СОМЗ-11 [26]	Захист від інтенсивного шуму

Дані рішення допоможуть зменшити вплив шуму на робітників відділення.

8.5 Механізми і вироби, що рухаються

Основні фізичні небезпеки наведені в таблицях 8.11, 8.12, 8.13.

					ФЛ61.61401.1110.0000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		74

Таблиця 8.11 – Джерела фізичних небезпек

№ п.п.	Найменування обладнання (оснащення)	Джерело небезпеки	Причини небезпеки	Наслідки небезпеки
1	Кран мостовий	Переміщувані вантажі	Удар вантажем	Травма робочих
2	Змішувач моделі 111М	Рухомі вузли: каток, вал редуктора	Попадання рук на рухомі вузли	

Таблиця 8.12 – Реальні та нормативні фактори небезпеки, що створюються в технологічному процесі

№ п.п.	Фактор небезпеки	Реальне значення	Нормативні значення
1	Максимальна завантаженість крану, (т) [23]	20	40
2	Довжина прольоту моста крану, (м) [23]	225	Від 16 до 34

Таблиця 8.13 - Заходи забезпечення охорони праці в умовах конкретного технологічного процесу

№ п.п.	Група номенклатурних заходів з охорони праці	Вид заходу	Критерій вибору
1	Технічні	Застосування попереджувального звукового сигналу перед початком роботи крана	Сповіщення робочих про пересування краном вантажу
		Механічне завантаження змішувача	Усунення контакту робочих з рухомими частинами змішувача
2	Організаційні	Проведення навчань, інструктажів правил безпеки у відділенні	Ознайомлення робочих з правилами безпеки при роботі з устаткуванням
3	Режимні	Обмеження допуску в робочі зони для тих, хто не пов'язаний з основним технологічним процесом	Захист від фізичних небезпек сторонніх осіб та робочих
4	Експлуатаційні	Проведення профілактичних оглядів, ремонтів устаткування	Забезпечення правильної роботи устаткування
5	ЗІЗ	Каска захисна НМ-6 [24]	Захист від травм голови

Заходи, що застосовуються, допоможуть уникати травм на виробництві та забезпечити роботу працівників.

8.6 Висновок до розділу

У розділі було прийнято ряд рішень, що допоможуть уникнути небезпек та забезпечити безпечні умови праці для робітників усіх спеціальностей на ділянці.

					ФЛ61.61401.1110.0000 ПЗ	Арк.
						76
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ВИСНОВКИ

У даному дипломному проєкті було розраховане сумішоприготувальне відділення, розроблена технологія виготовлення деталі маточина масою 473 кг зі сплаву СЧ20, зпроектовано утаткування для приготування суміші, а саме котковий змішувач моделі 111М, розроблено економічну та організаційну частину, а також частину на тему охорони праці.

У проєкті було дотримано усіх вимог а саме:

– для проектування сумішоприготувального відділення використано номенклатуру виливків, яка наведена в табл.1.1 з потужністю цеху у 10 000 т придатного литва на рік;

– технологічні процеси максимально автоматизовані та механізовані;

– цех має замкнену систему водопостачання і водовідведення;

Тож вважаю, що поставлена задача цілком виконана.

					ФЛ61.61401.1110.0000 ПЗ		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ВИСНОВОК		
Розроб.		Заярний Д. В.					
Перевір.		Лютин Р. В.					
Реценз.		П.І.Б.					
Н. Контр.		П.І.Б.					
Затверд.		П.І.Б.					
					Лит.	Арк.	Акрушів
						77	87
					КПІ ім. І. Сікорського ІФФ, ЛВЧКМ, ФЛ-61-1		

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Проектування ливарних цехів: частина 1 / [Г. Є. Федоров, М. М. Ямшинський, В. Г. Могилатенко та ін.]. – Київ: НТУУ "КПІ", 2011. – 593 с.
2. Методичні вказівки до виконання практичних занять і самостійної роботи з дисципліни «Проектування ливарних цехів» / за заг. ред. Г. Є. Федоров – Київ, НТУУ «КПІ», 2013 – 83 с
3. Фанталов Л.И. и др. Основы проектирования литейных цехов и заводов. Фанталов Л.И., Кнорре Б.В., Четверухин С.И. // М.: Машиностроение. – 1979. – 376 с.
4. Теоритичні основи ливарного виробництва: навчальний посібник/ [В.М Дробязко, М. М. Ямшинський, А. С. Кочешков, В. Г. Могилатенко, О. І. Пономаренко]; - Київ, НТУУ «КПІ».
5. ГОСТ 1412-85 Чугун с пластинчатым графитом для отливок. Марки. – 1987.
6. Виготовлення форм на автоматичних лініях [Електронний ресурс] // Обробка дерева і металу (довідник). – 2016. – Режим доступу до ресурсу: <http://obrobka.pp.ua/1884-vigotovlennya-form-na-avtomatichnih-lnyah.html>
7. ГОСТ 26645-85 Отливки из металлов и сплавов. Допуски размеров, массы и припуски на механическую обработку (с Изменением 1). – 1990.
8. Макаревич О.П., Федоров Г.Є., Платонов Є.О. Виробництво виливків із спеціальних сталей. - К.: Видавництво НТУУ „КПІ”, 2005. - 712 с
9. Могилев В.К, Лев О.И. Справочник литейщика: Справочник для профессионального обучения рабочих на производстве. - М.: Машиностроение, 1988. - 272 с.

					ФЛ61.61401.1110.0000 ПЗ		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ		
Розроб.		Заярний Д. В.					
Перевір.		Лютий Р. В.					
Реценз.		П.І.Б.					
Н. Контр.		П.І.Б.					
Затверд.		П.І.Б.					
					Літ.	Арк.	Акрушів
						78	87
					Організація		

10. Модельна оснастка для виробництва виливків у піщаних формах. Дорошенко С. П., Федоров Г. Є. Навчальний посібник. – К.: Політехніка, 2001. – 108 с., 2003. – 112 с.
11. Формувальні суміші. Дорошенко С. П.– К.: НТУУ «КПІ», 1997. – 140 с.
12. Формовочные материалы и смеси. Дорошенко С. П., Авдокушин В. П., Русин К., Мацашек И. – К.: Вища школа; Прага: СНТЛ, 1990. – 416 с.
13. Взаимодействие песчаной формы с отливкой. Дорошенко С. П. Учебное пособие (на рус. и укр. яз.). – К.: УМК ВО, 1991. – 76 с.
14. Получение отливок без пригара в песчаных формах. Дорошенко С. П., Дробязко В. Н., Ващенко К. И.– М.: Машиностроение, 1980. – 208 с.; Китайське видавництво – 206 с.; Японське видавництво – 236 с.
15. Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт з дисципліни «Виробництво виливків із чавунів» - Сиропоршнєв
16. Конспект лекцій з дисципліни «Виробництво виливків із чавунів»
17. . Матвиенко И.В. Оборудование литейных цехов [Текст]: Учебник/ И.В. Матвиенко, В.Л. Тарский – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1985. – 400с.
18. Методичні вказівки до виконання економічної частини диплому / [Наравеський С. В.] – Київ: НТУУ «КПІ», 2019. – 18с
19. НПАОП 27.0-1.01-08. Правила охорони праці в металургійній промисловості
20. ДСН 3.3.6-042-99. Державні санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень.
21. ДСТУ EN 133:2005. Засоби індивідуального захисту органів дихання. Класифікація.
22. ДСТУ EN 420-2017. Загальні вимоги до рукавиць.
23. НПАОП 00.0-5.18-96. Типова інструкція з безпечного ведення робіт для кранівників (машиністів) кранів мостового типу (мостових, козлових, напівкозлових)

					ФЛ61.61401.1110.0000 ПЗ	Арк.
						79
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

24. ДСТУ EN 397:2001. Каски захисні промислові.
25. ДСНЗ.3.6.037-99. Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку.
26. ДСТУ EN 352-3:2017 Засоби індивідуального захисту органа слуху
27. Охорона праці та цивільний захист / О.Г. Левченко, О.І. Полукаров, В.В. Зацарний та ін. // За ред. О.Г. Левченка. - К.: Основа, 2019. – 472 с.
28. Основи охорони праці: Підручник. 2-ге видання / К.Н. Ткачук, М.О. Халімовський, В.В. Зацарний та ін. – К.: Основа, 2006. – 448 с.

					ФЛ61.61401.1110.0000 ПЗ	Арк.
						80
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ДОДАТКИ

